



**Rafael Fernandes
Marques**

Sistema de monitorização de veículos



**Rafael Fernandes
Marques**

Sistema de monitorização de veículos

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob orientação científica do Doutor José Paulo Oliveira Santos, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.

O júri

Presidente

Prof. Doutor António Manuel Godinho Completo
Professor Auxiliar c/ Agregação da Universidade de Aveiro

Arguente

Prof. Doutora Ana Maria Pinto de Moura
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

Orientador

Prof. Doutor José Paulo Oliveira Santos
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

Agradeço à minha família, pela oportunidade de seguir os estudos e chegar a esta etapa. Eles são um pilar e sem eles não estaria aqui hoje.

À minha namorada, pela companhia, paciência e alegria, pelas palavras e por toda a ajuda ao longo deste percurso.

Aos meus amigos, por tudo o que vivemos juntos nestes anos. Os estudos, os trabalhos, as saídas e... a diversão! Tornaram toda esta caminhada mais agradável.

Ao meu orientador, pela sua disponibilidade, experiência e conhecimentos transmitidos no decorrer desta etapa.

Agradeço, também, a todos os professores, colegas e outros que, de alguma forma, se cruzaram comigo nesta caminhada.

À Universidade de Aveiro por ter disponibilizado os recursos que me permitiram a aprendizagem, da melhor forma, dos conteúdos ao longo do curso.

A todos, o Meu muito obrigado!

Palavras-chave

monitorização; transporte; localização; GPS; GPRS; radiofrequência; temperatura; microcontrolador; PCB; MySQL; website

Resumo

O transporte rodoviário representa cerca de metade do volume de transporte de mercadorias na União Europeia. Problemáticas como o tráfego, consumos e poluição têm de ser combatidas todos os dias, surgindo assim o interesse na redução de custos através do investimento em sistemas de monitorização de veículos. Aliada à monitorização dos veículos, surge a monitorização de mercadorias.

É objetivo da dissertação desenvolver um sistema de monitorização de veículos com a capacidade de recolha de dados destes, como a sua localização geográfica e dados da mercadoria, assim como a sua temperatura. O sistema instalado nos veículos é autónomo e envia as informações para uma base de dados, em tempo real, recorrendo à rede móvel.

Para a apresentação das informações do veículo foi desenvolvida uma página *web*. Esta permite a interação da transportadora, bem como dos clientes, com as informações do veículo e da sua mercadoria. Estas informações são apresentadas em tabelas, sendo que a localização atual, bem como o trajeto, são apresentados sobre o mapa. É através desta página que são introduzidos os dados de novos clientes, de novos veículos e de novas viagens. A confidencialidade dos dados é garantida através de um sistema de *tracking* por código e de um sistema de *login*.

Keywords

monitoring; transport; location; GPS; GPRS; radio frequency; temperature; microcontroller; PCB; MySQL; website

Abstract

Road transport acts around half of the freight volume in the European Union. Problems like traffic, fuel consumption and pollution must be fought every day, so appears the interest in reducing costs by investing in vehicle monitoring systems. The tracking of goods comes along with the monitoring of vehicles.

The aim of this dissertation is to develop a vehicle monitoring system with the ability to collect data, such as their geographical location, goods data and their temperature. The system installed in vehicles is autonomous and sends the information to a database in real time, using the mobile network. For the presentation of the information of the vehicle a web page was developed. This allows the carrier and the costumers to interact with the information of the vehicle and their cargo. The information is presented in tables, location and route are also shown on the map. It is through this page that new customers data, new vehicles and new trips are introduced. The confidentiality of the data is ensured through a system of tracking by code and login system.

Conteúdo

Conteúdo	i
Lista de Figuras	v
Lista de Tabelas	ix
Lista de acrónimos	xi
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento e Motivação	2
1.2 Objetivos	3
1.3 Organização do documento	4
2 Tecnologias para a Monitorização de Veículos	5
2.1 Monitorização de veículos - Conceitos	6
2.2 Soluções existentes	7
2.2.1 Scania FMS	7
2.2.2 ETLOC	8
2.2.3 Cartrack	9
2.2.4 TRACKiT	9
2.2.5 Frotcom	10
2.2.6 Inosat	11
2.2.7 Análise e comparação	13
2.3 Tecnologias de localização	14
2.3.1 GPS - Sistema de Posicionamento Global	15
2.3.2 GLONASS, BeiDou/COMPASS, Galileo	17
2.3.3 Protocolo NMEA	18
2.4 Tecnologias sem fios	19
2.4.1 GSM/GPRS	19
2.4.2 Bluetooth	22
2.4.3 ZigBee	24
2.4.4 Wi-Fi	25
2.4.5 Módulo radiofrequência - nRF24L01+	26
2.4.6 Análise e conclusão	27

3	Implementação da solução proposta - Hardware	29
3.1	Arquitetura do sistema	29
3.1.1	Funcionalidades do sistema	29
3.1.2	Restrições	29
3.1.3	Perspetiva geral	30
3.2	Implementação da solução	32
3.3	Hardware	32
3.3.1	Módulo reboque	34
3.3.1.1	Microcontrolador - PIC18F2520	34
3.3.1.2	Sensor de temperatura - MCP9700	35
3.3.1.3	Abertura/Fecho das portas	38
3.3.1.4	Módulo de radiofrequência - nRF24L01+	39
3.3.1.5	Placa de circuito impresso - PCB	41
3.3.2	Módulo habitáculo	48
3.3.2.1	Microcontrolador - PIC18F45K22	48
3.3.2.2	Módulo de radiofrequência - nRF24L01+	49
3.3.2.3	GPS - NEO-6M	50
3.3.2.4	Modem GSM/GPRS - SIM900	52
3.3.2.5	Placa de circuito impresso - PCB	54
3.3.3	Unidade central	59
4	Implementação da solução proposta - Software	61
4.1	Módulo reboque	61
4.1.1	Microcontrolador - PIC18F2520	61
4.1.2	Sensor de temperatura - MCP9700	64
4.1.3	Abertura/Fecho das portas	64
4.1.4	Módulo de radiofrequência - nRF24L01+	65
4.2	Módulo habitáculo	65
4.2.1	Microcontrolador - PIC18F45K22	66
4.2.2	Módulo de radiofrequência - nRF24L01+	68
4.2.3	GPS - NEO-6M	70
4.2.4	Modem GSM/GPRS - SIM900	73
4.3	Unidade central	80
4.3.1	Base de dados	81
4.3.2	Página <i>web</i>	87
4.4	Análise de resultados	90
5	Conclusões e Trabalhos Futuros	101
5.1	Trabalhos futuros	102
	Bibliografia	103
	Anexos	109
	Anexo A MCP9700 - cálculo da temperatura	111
	Anexo B Esquema elétrico do Módulo Reboque	113

Anexo C	PCB do Módulo Reboque	115
Anexo D	Box do Módulo Reboque	117
Anexo E	Esquema elétrico do Módulo Habitáculo	119
Anexo F	PCB do Módulo Habitáculo	121
Anexo G	Box do Módulo Habitáculo	123
Anexo H	Registo na base de dados - <i>script</i> PHP	127
Anexo I	Página <i>web</i> - Páginas criadas	131

Lista de Figuras

1.1	Distribuição do volume de transporte de mercadorias, de/e para países da UE, por tipo de transporte [3].	2
1.2	Distribuição do volume de transporte de mercadorias, em Portugal, por natureza da mercadoria [14].	3
2.1	Localizar Etloc com ligação à rede móvel, para implementação em veículos [19]	8
2.2	Localizador Inosat com ligação à rede móvel, destinado à localização de pessoas e objetos [23]	11
2.3	Esquema de comunicações do sistema InoFrota Biz [23]	13
2.4	Esquema da distribuição dos 24 satélites nas 6 órbitas em torno da Terra [28] .	16
2.5	Explicação do método da triangulação [30]	16
2.6	Exemplo de uma mensagem NMEA [35]	19
2.7	Arquitetura da rede GSM - Rede móvel [41]	21
3.1	Perspetiva geral da solução proposta	31
3.2	Arquitetura do <i>hardware</i> utilizado	33
3.3	PIC18F2520 e diagrama de pinos, <i>package SPDIP</i> [51]	35
3.4	MCP9700, <i>package TO-92</i> , e seu circuito [54]	37
3.5	Precisão do sensor MCP9700 [54]	37
3.6	Exemplos de sensor magnético, à esquerda, e sensor mecânico, à direita [55, 56]	39
3.7	Circuito de simulação de abertura/fecho de portas	39
3.8	Circuito de ligação do nRF24L01+ ao PIC18F2520	40
3.9	Estrutura das mensagens trocadas entre módulos nRF24L01+	41
3.10	Circuito de implementação do LM7805, <i>package TO-220</i>	42
3.11	Circuito de implementação do TC1263, <i>package TO-220</i>	43
3.12	Fotografias da PCB construída: <i>top layer</i> , à esquerda, e <i>bottom layer</i> , à direita .	45
3.13	Fotografia da PCB, depois da montagem manual dos componentes	46
3.14	Fotografia da PCB com a identificação dos componentes	46
3.15	Fotografia da <i>box</i> , obtida por impressão 3D, com a PCB e a pilha no seu interior	47
3.16	PIC18F45K22 e diagrama de pinos, <i>package PDIP</i> [62]	48
3.17	Circuito de ligação do nRF24L01+ ao PIC18F45K22	50
3.18	Circuito de ligação do GPS NEO-6M (<i>GY-GPS6MV2</i>) ao PIC18F45K22	51
3.19	Estrutura das mensagens NMEA enviadas pelo GPS NEO-6M	52
3.20	Circuito de ligação do modem SIM900 (<i>GPRS Shield</i>) ao PIC18F45K22	54
3.21	Circuito de ligação do modem SIM900 ao PIC18F45K22	55
3.22	Fotografias da PCB construída: <i>top layer</i> , à esquerda, e <i>bottom layer</i> , à direita - Módulo Habitáculo	57

3.23	Fotografia da PCB, depois da montagem manual dos componentes - “Módulo habitáculo”	57
3.24	Fotografia da PCB com a identificação dos componentes - “Módulo habitáculo”	58
3.25	Fotografia da PCB e dos componentes do “Módulo habitáculo”	58
3.26	Fotografia da <i>box</i> , obtida por impressão 3D, com a PCB na parte superior e na inferior o GPS e o <i>modem</i> (não visíveis)	60
4.1	Fluxograma do <i>software</i> do “Módulos reboque”	63
4.2	Fluxograma da função ADC - Leitura da temperatura	64
4.3	Fluxograma da função de leitura do estado das portas	65
4.4	Fluxograma do processo de envio das mensagens pelo nRF24L01+ <i>slave</i>	66
4.5	Fluxograma do <i>software</i> do “Módulo habitáculo”	67
4.6	Fluxograma do processo de envio das mensagens pelo nRF24L01+ <i>master</i> - “Módulo habitáculo”	69
4.7	Estrutura da mensagem de configuração do NEO-6M [66]	70
4.8	Mensagem de configuração inicial do NEO-6M, para desligar o envio das mensagens do mesmo	71
4.9	Mensagem de configuração do NEO-6M, para ativar o envio das mensagens VTG e GGA	71
4.10	Mensagem recebida pelo microcontrolador contendo informações adquiridas pelo GPS	72
4.11	Fluxograma da interação do PIC18F45K22 com o NEO-6M	73
4.12	Fluxograma da interação do PIC18F45K22 com o SIM900	74
4.13	Diagrama de interação para envio de uma SMS	75
4.14	Diagrama de interação para comunicação por dados móveis	77
4.15	Diagrama de interação do cliente (página <i>web</i>) com a “Unidade central”	80
4.16	Tabelas da base de dados <i>company</i>	82
4.17	Tabela “dados” - contém o histórico sobre as mercadorias transportadas pelo veículo com matrícula 00-AZ-99	83
4.18	Tabela “...localizacao” - contém os dados de localização do veículo com a matrícula 00-AZ-99, na viagem iniciada a 2016-02-15	84
4.19	Tabela “...estado” - contém os dados da mercadoria transportada no veículo com a matrícula 00-AZ-99, na viagem iniciada a 2016-02-15	85
4.20	Fluxograma do processo executado pelo <i>script</i> PHP	86
4.21	<i>Webpage</i> - página inicial	88
4.22	<i>Webpage</i> - página com o trajeto efetuado pelo veículo	91
4.23	Inserir um registo de uma nova viagem, em cima, e seu resultado na base de dados, em baixo	92
4.24	Registo das informações enviadas pela “Unidade veículo” e registadas na tabela “00-az-99_2016-07-05_localizacao”	93
4.25	Procura do veículo através do código 00AZ99Y2016M07D05, obtendo as informações do último registo efetuado para essa viagem	94
4.26	Trajeto do veículo na viagem com código 00AZ99Y2016M07D05	95
4.27	Trajeto do veículo na viagem com código 00AZ99Y2016M07D06	96
B.1	Circuito elétrico do “Módulo reboque”	114
C.1	Desenho da PCB e componentes, em 3D - “Módulo reboque”	115

C.2	Desenho da PCB, <i>top layer</i> - “Módulo reboque”	116
C.3	Desenho da PCB, <i>bottom layer</i> - “Módulo reboque”	116
D.1	Vista explodida do desenho da <i>box</i> - “Módulo reboque”	117
D.2	Desenho de definição (2D) da tampa, em cima, e da <i>box</i> , em baixo - “Módulo reboque”	118
E.1	Circuito elétrico do “Módulo habitáculo”	120
F.1	Desenho da PCB e componentes, em 3D - “Módulo habitáculo”	121
F.2	Desenho da PCB, <i>top layer</i> - “Módulo habitáculo”	122
F.3	Desenho da PCB, <i>bottom layer</i> - “Módulo habitáculo”	122
G.1	Vista explodida do desenho da <i>box</i> - “Módulo habitáculo”	123
G.2	Desenho de definição (2D) da tampa, em cima, e da <i>box</i> , em baixo - “Módulo habitáculo”	124
G.3	Desenho de definição (2D) da divisória - “Módulo habitáculo”	125
I.1	<i>Webpage</i> - caixa de texto utilizada para a procura, por código, das diversas informações sobre o veículo	131
I.2	<i>Webpage</i> - página das tecnologias utilizadas, parte superior	132
I.3	<i>Webpage</i> - página das tecnologias utilizadas, parte inferior	133
I.4	<i>Webpage</i> - página de <i>tracking</i> da última posição do veículo	134
I.5	<i>Webpage</i> - página dos contactos	135
I.6	<i>Webpage</i> - página de <i>login</i> na área reservada	136
I.7	<i>Webpage</i> - página de registo para ter acesso à área reservada	136
I.8	<i>Webpage</i> - página inicial da secção reservada	137
I.9	<i>Webpage</i> - página com localização atual do veículo e suas informações	138
I.10	<i>Webpage</i> - página com os dados do trajeto efetuado pelo veículo apresentados em tabelas	139
I.11	<i>Webpage</i> - página com os dados utilizador, introduzidos no registo	140
I.12	<i>Webpage</i> - página reservado para a administração, permite o registo de novas viagens	140

Lista de Tabelas

2.1	Comparação de custos das soluções apresentadas [19, 20, 23]	14
2.2	Comparação das diferentes tecnologias de comunicação sem fios	27
4.1	Mensagens trocadas entre os nRF24L01+ <i>master</i> e <i>slave</i>	70
4.2	Custos dos componentes do sistema desenvolvido	97
4.3	Comparação de custos das soluções apresentadas e da solução desenvolvida . .	98

Lista de acrónimos

EUSART Enhanced Universal Synchronous / Asynchronous Receiver / Transmitter

GPRS General Packet Radio Service

GPS Global Positioning System

GSM Global System for Mobile Communications

HTML HyperText Markup Language

HTTP Hypertext Transfer Protocol

I²C Inter-Integrated Circuit

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers

IP Internet Protocol

MySQL Structured Query Language

NAVSTAR-GPS NAVigation System with Time And Ranging - Global Positioning System

NMEA National Marine Electronics Association

PCB Printed Circuit Board

PHP Hypertext Preprocessor

RADAR Radio Detection And Ranging

SIM Subscriber Identity Module

SMS Short Message Service

SPI Serial Peripheral Interface

UART Universal Asynchronous Receiver / Transmitter

UE União Europeia

UMTS Universal Mobile Telecommunication System

USB Universal Serial Bus

XML eXtensible Markup Language

Capítulo 1

Introdução

A industrialização e a globalização são marcas da atualidade. Para satisfazer as necessidades da população é necessário fazer circular mercadorias e serviços de forma a que, mesmo que um produto não seja produzido em dada região mas seja necessário, este consiga chegar e ficar disponível em boas condições.

Para facilitar a globalização e a circulação de mercadorias foram criadas redes de transporte. Estas interligam diferentes regiões e permitem o movimento de pessoas, bens e serviços entre elas. Existem três grandes tipos de redes de transporte: terrestre, aquática e aérea. Existe ainda redes de *pipelines*, como os gasodutos e oleodutos, responsáveis pelo transporte de produtos específicos [1].

O desenvolvimento das redes de transporte permite, então, reduzir distâncias e ultrapassar facilmente obstáculos físicos, facilitando o acesso a regiões que no passado seriam inacessíveis ou com difíceis acessos. Com isto, a mobilidade de pessoas e mercadorias promove o desenvolvimento económico e social das regiões.

A diversidade de oferta de tipos de transporte permite que seja efetuada uma escolha do transporte mais adequado para uma determinada finalidade. A escolha envolve diversas variáveis como tipo de mercadoria, distância, custo, tempo, fiabilidade e a interligação entre estas. [2]

O transporte de mercadorias por rodovias é o mais utilizado na UE (*União Europeia*). Este tipo de transporte representa mais de metade do volume do transporte de mercadorias que chegam, ou saem, de países da UE [3]. A distribuição do volume de transporte de mercadorias pode ser observada na figura 1.1. Analisando apenas a circulação de mercadorias entre países da UE o transporte rodoviário tem ainda maior importância: cerca de 75% do transporte de mercadorias dentro da UE em 2013 foi efetuado por estradas [4].

Em Portugal, o transporte rodoviário é, também, o preferido para a circulação, tanto de pessoas como de mercadorias, a nível nacional e europeu. O desenvolvimento de infraestruturas e a modernização dos veículos, na atualidade, permitiu reduzir o tempo de viagem, distâncias, consumos e emissões de poluentes. O desenvolvimento em causa permitiu a este tipo de transporte tornar-se mais rápido, mais cómodo e o mais flexível, proporcionando a diminuição dos custos de transporte e aumentando a competitividade deste transporte [2].

Contudo, o crescimento do referido transporte tem originado problemas, de que são exemplo o excesso de tráfego que provoca congestionamentos frequentes junto às áreas urbanas, elevando assim consumos e níveis de poluição. Como estes atrasos e o aumento de consumos resultam na subida do custo do transporte, pode surgir, nas empresas, o interesse em ferramentas que facilitem a monitorização e gestão dos veículos em tempo real, facilitando a sua movimentação no terreno com vista a redução de custos.

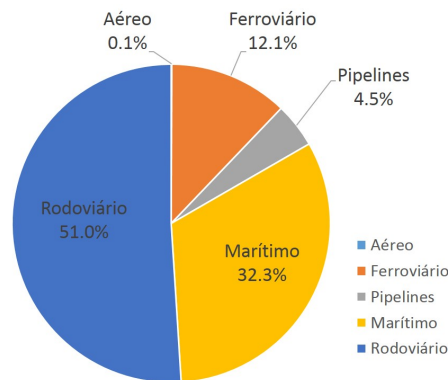


Figura 1.1: Distribuição do volume de transporte de mercadorias, de/e para países da UE, por tipo de transporte [3].

1.1 Enquadramento e Motivação

“Sob qualquer ponto de vista económico, político e militar, o transporte é, inquestionavelmente, a indústria mais importante do mundo.” (Ballou, 1993, p.113) [5]

Com a localização privilegiada de Portugal surge a facilidade em explorar os diversos tipos de transporte. O nosso país pode ser, também, uma porta de entrada de mercadorias na Europa que chegam por meio marítimo e são depois transportadas para outros países por meios rodoviários.

Para que as mercadorias cheguem facilmente aos seus destinos é importante existir uma boa rede rodoviária. Portugal tem uma extensa rede rodoviária, contando com 14310 quilómetros de rodovias em Dezembro de 2014, o que facilita a circulação de mercadorias e pessoas dentro do país e para a Europa [6].

O desenvolvimento da rede de transportes rodoviários também se verifica em Portugal. No ano 2000 existiam no país 19910 empresas de *Transporte e armazenagem*, e em 2013 esse número tinha aumentado para 22396 [7]. Este aumento de empresas no setor traduz-se, também, num aumento da empregabilidade do mesmo: em 2000 a população ativa no setor de *Transportes e armazenagem* era 136303, tendo crescido para 180200 em 2013 [8].

Em Portugal, em 2014, existiam 7725 empresas de transporte de mercadorias com 58827 veículos dos quais 47597 são licenciados para transportes nacionais e internacionais [9]. Estes veículos usufruem das extensas redes rodoviárias para constituírem o principal meio de transporte de mercadorias em Portugal. Dados relativos ao ano de 2013 mostram que 64% das mercadorias exportadas e 61% das importadas foram transportadas por meio rodoviário. Quanto à circulação interna de mercadorias no país, 85% é efetuada neste tipo de transporte, o que evidencia a sua relevância [10, 11, 12].

Com a diversidade de mercadorias transportadas e a quantidade de veículos em circulação as empresas têm a necessidade de fazer a monitorização dos seus veículos. A monitorização permite às empresas de transporte garantir eficiência e qualidade no serviço prestado, podendo fornecer aos clientes dados da viagem como garantias, cativando e ganhando assim a confiança destes, tornando, por isso, as suas frotas automóveis mais rentáveis.

Muitas empresas de transportes já investiram em sistemas de monitorização dos seus veículos. Atualmente, existem no mercado, várias empresas a comercializar sistemas de monitoriza-

ção com várias versões, desde um sistema que se limita à localização a sistemas que interagem com o veículo. Estes sistemas apresentam, no entanto, algumas desvantagens, sendo que a principal consiste no custo do sistema. Ao custo de aquisição é adicionado o custo da plataforma de interação, que é um serviço prestado pelo produtor do sistema. Num transporte existem, então, três entidades envolvidas: o cliente (que encomenda o transporte), a transportadora e o produtor do sistema de monitorização. Para a transportadora fornecer informações ao cliente acerca da mercadoria tem de pedir a informação ao produtor do sistema. Deste modo, o cliente não obtém as informações em tempo real e a transportadora tem de suportar custos associados ao fluxo da informação, incluindo o serviço prestado pelo produtor do sistema.

Na perspetiva do cliente é importante perceber onde e como está a sua mercadoria. Existem mercadorias que necessitam de mais cuidados no transporte que outras, como é o caso dos alimentos. Muitas vezes encontram-se à venda no supermercado produtos deteriorados, especialmente os legumes e a fruta, que necessitam de maiores cuidados devido à sua fragilidade. Estes pertencem aos alimentos perecíveis, ou seja, que começam a deteriorar-se rapidamente devido a fatores como a temperatura e a humidade, pelo que possuem prazo de validade reduzido e restritos requisitos de conservação [13]. Estes alimentos representam cerca de 25% das mercadorias transportadas em Portugal, como se pode verificar pela figura 1.2. A monitorização pode ajudar a controlar as condições em que os alimentos são transportados, registando dados relevantes da mercadoria e alertando atempadamente para anomalias que poderão existir.

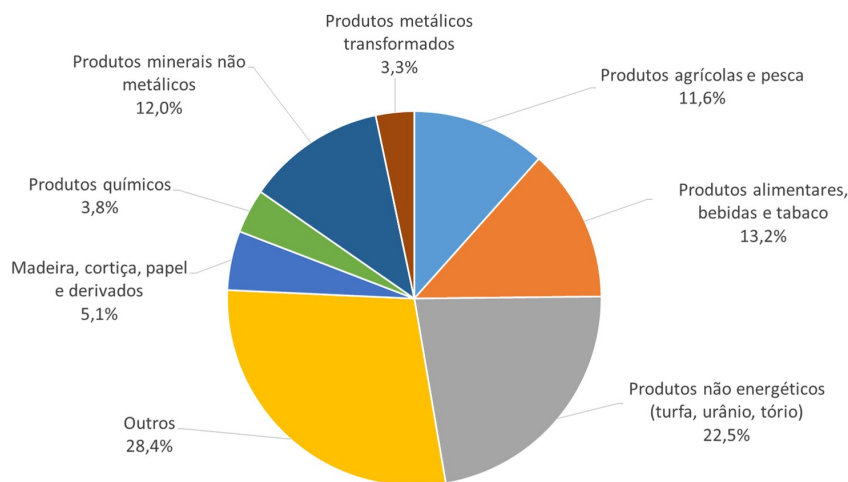


Figura 1.2: Distribuição do volume de transporte de mercadorias, em Portugal, por natureza da mercadoria [14].

Com a monitorização no transporte é possível determinar a existência de falhas, possibilitando às empresas de transporte a implementação de medidas corretivas. As melhores condições de transporte possibilitam a diminuição dos desperdícios, aumentando a confiança dos clientes e permitindo uma melhor gestão e prática de preços mais competitivos.

1.2 Objetivos

O trabalho desenvolvido para a dissertação tem como principal objetivo o desenvolvimento de um sistema de monitorização de veículos. Este será semelhante aos existentes, tendo por base

a localização dos veículos. Contudo, pretende-se a criação de um sistema versátil capaz de ser adaptado a diferentes requisitos, possibilitando não só a localização dos veículos mas também a aquisição de dados relativos à mercadoria.

Assim sendo, deseja-se criar um produto integral de baixo custo de implementação. Este será composto por um sistema físico de aquisição de dados no veículo e o sistema de interação com o utilizador. A *unidade veículo* deverá ser capaz de adquirir a localização deste através de GPS (*Global Positioning System*), adquirir dados da mercadoria, como a temperatura no reboque e, de seguida, enviar estas informações para uma base de dados. Na *unidade central* serão guardados, em base de dados, as informações enviadas pelo sistema veículo e será criada uma interface para a consulta destes dados.

O modelo proposto pretende que as duas partes do sistema (unidade veículo e central) sejam propriedade da empresa que o adquirir, sendo esta responsável pela gestão do sistema, o que poderá implicar um investimento inicial na formação de colaboradores, mas que exclui a dependência da empresa transportadora face à produtora do sistema de monitorização, tendo como principal vantagem a inexistência de custos associados à manutenção do sistema.

Objetiva-se que os dados recolhidos estejam disponíveis para consulta numa página *web* para que a transportadora e o cliente possa consultar a localização e o estado da mercadoria em tempo real.

1.3 Organização do documento

Em termos gerais, a presente dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos. O primeiro capítulo, o atual, é a Introdução onde é efetuado o enquadramento da temática em estudo e os objetivos, identificando o problema e apresentando uma solução viável.

O segundo capítulo é denominado por Tecnologias para a Monitorização de Veículos, vulgarmente conhecido por Estado da Arte. No início são enquadrados os conceitos associados à temática em estudo, a monitorização de veículos. De seguida são apresentados algumas soluções já existentes no mercado bem como alguns estudos académicos. Por fim são apresentadas algumas tecnologias possíveis de utilizar para a criação de um sistema de monitorização em veículos, nomeadamente as comunicações sem fios a curtas (utilização no veículo) e longas distâncias (envio para a central).

A Solução proposta é a denominação do terceiro capítulo. Nesta fase é apresentada uma solução para o problema tendo em conta as tecnologias mencionadas no Estado da Arte. É apresentada uma visão geral do sistema e do seu funcionamento.

No quarto capítulo é descrita a Implementação do sistema. Serão apresentados os diversos módulos inerentes ao *hardware* do sistema veículo e explicado, detalhadamente, a sua constituição e funcionamento. Será igualmente apresentado, detalhadamente, a base de dados e a interface com o utilizador através da página *web*.

O quinto capítulo consiste na apresentação das Conclusões e de trabalhos futuros e é feita a análise ao produto desenvolvido. São também apresentadas ideias para melhorar ou completar o mesmo no futuro.

Por fim são apresentados os Anexos onde se encontra algum do trabalho desenvolvido que serve de base ao sistema. São apresentados os desenhos das placas de circuito impresso e excertos de código com exemplos simples de aplicação das tecnologias utilizadas, bem como imagens da página *web* desenvolvida.

Capítulo 2

Tecnologias para a Monitorização de Veículos

A partir da revisão bibliográfica conclui-se que, o termo monitorização é definido como sendo o ato ou o efeito de monitorizar, controlar, supervisionar. Na atualidade, em diversas áreas, existe o interesse em supervisionar remotamente tudo o que é possível, de forma a ter um controlo eficaz dos sistemas e a possibilidade de agilizar recursos atempadamente. Na indústria, os sistemas de supervisão remotos têm elevada importância pois permitem, por exemplo, recolher dados de diversos sensores, ativar e desativar válvulas e motores, detetar anomalias e controlar a produção, tudo no mesmo local. Esta centralização permite obter uma perceção de todo o sistema, identificar possíveis erros e aplicar medidas corretivas, reduzir tempos e custos e aumentar a segurança, visto que o controlo feito remotamente diminui a necessidade do contacto de pessoas com as máquinas em funcionamento.

Centralizando no tema da dissertação, a monitorização de veículos, esta é igualmente uma área onde o termo é cada vez mais utilizado. Até ao fim do século XX, as unidades de transporte não forneciam qualquer informação sobre o seu estado. Contudo, esta situação tem se alterado com a exploração dos sistemas de gestão de frotas, integrados principalmente em novos camiões e que fornecem algumas informações sobre o trator ¹. No entanto, as informações do reboque onde se encontra a mercadoria e os sistemas que permitem aplicação em qualquer veículo não são comuns.

O setor dos transportes rodoviários, como referido anteriormente, é um setor em crescimento, ano após ano. Com a crise económica que se faz sentir um pouco por toda a Europa, as empresas procuram fazer investimentos que permitam reduzir os seus gastos. Neste setor, os sistemas de monitorização são um investimento que ajudam a rentabilizar e reduzir custos das frotas. Assim sendo, é importante a existência de oferta variada deste tipo de sistemas, com capacidade de se adaptarem às necessidades das transportadoras e ao tipo de frota que estas possuem, garantindo um custo reduzido.

Neste capítulo é apresentada a pesquisa efetuada tendo em conta o problema exposto, onde se aborda os conceitos relativos à monitorização de veículos. De seguida, são abordados sistemas de monitorização que já existem no mercado, focando nas suas características, vantagens e desvantagens. Posteriormente, e sendo a tecnologia de localização GPS uma tecnologia base para os sistemas de monitorização, é feita uma análise à mesma que inclui a apresentação e o

¹Entende-se por trator a máquina que exerce a tração. Num camião, o trator é a parte da frente onde se encontra o motor, incluindo a cabina, ao qual é atrelado um semi-reboque e/ou um reboque

princípio de funcionamento. Num sistema deste tipo é necessário recorrer à utilização de tecnologias de comunicação sem fios, pelo que é apresentado um estudo ao nível de tecnologias que podem ser implementadas num sistema de monitorização.

2.1 Monitorização de veículos - Conceitos

A necessidade crescente de uma perspetiva geral de todo um sistema, para identificar erros e aplicar medidas corretivas ou para agilizar processos, promove o aumento do interesse na supervisão remota de todos os sistemas possíveis. Na indústria dos transportes, o interesse em supervisionar remotamente tem, igualmente, aumentado nos últimos anos.

As soluções que podem ser aplicadas a veículos denominam-se por gestão de frotas. Estas soluções são desenvolvidas e aplicadas com o intuito de analisar os dados obtidos sobre a frota de veículos, permitindo à empresa transportadora implementar medidas para otimizar o funcionamento da sua frota, reduzindo desperdícios e aumentando a qualidade do serviço prestado. A obtenção destes dados implicam a existência de um sistema local, colocado em cada veículo e que é responsável pela recolha e envio dos dados do veículo, e um sistema central, onde os dados enviados pelos veículos são armazenados e podem ser consultados. Estes sistemas permitem, em primeira instância, fazer uma supervisão dos veículos remotamente, constituindo assim um sistema de monitorização de veículos.

A monitorização, em geral, pode ser definida como a observação, de um ou mais parâmetros, com a finalidade de detetar anomalias. Este termo é utilizado em diversas áreas [15]. No caso específico da monitorização de veículos, esta toma especial importância na redução de desperdícios, quer em consumo de combustível como em mercadorias danificadas, e o consequente aumento da confiança dos clientes. Os sistemas de monitorização têm por base um dispositivo local, instalado em cada veículo ou que esteja presente pelo menos nas viagens, e um dispositivo central, normalmente localizado na empresa. O dispositivo local inclui um sistema de posicionamento, que fornece a localização precisa do veículo, e um processador, que interpreta a informação e promove o envio da mesma, através de uma ligação sem fios, para o sistema central. É na central que a informação recolhida é guardada, em base de dados, e fica disponível para consulta, habitualmente, numa página *web* [16].

Como referido anteriormente, a crise económica da Europa, e mais especificamente em Portugal, promove a procura, por parte das empresas de transportes, de soluções de monitorização dos seus veículos. Além da possível redução de custos com combustíveis e identificação de utilizações indevidas dos veículos por parte da transportadora, estes sistemas permitem também fornecer informações aos clientes. Desta forma é possível o cliente saber, em tempo real, onde a sua encomenda se encontra, ativando os mecanismos necessários atempadamente, facilitando as operações de carga e descarga das mercadorias.

Os sistemas de gestão de frotas existentes permitem, atualmente, fornecer estas funcionalidades às transportadoras. Na aquisição de novos veículos, a própria marca já tem um sistema de gestão de frota para o seu veículo. No entanto, uma transportadora tem, habitualmente, veículos de várias marcas e com várias idades, pelo que estes sistemas apenas nos novos veículos tornam-se inviáveis. Assim, surgem empresas que oferecem sistemas de monitorização de veículos independentes, com a capacidade de serem utilizadas em diferentes veículos.

Atualmente, para além das funcionalidades já descritas dos sistemas de monitorização, os clientes pretendem obter mais informações sobre a sua mercadoria. Surgem assim sistemas de monitorização que adquirem dados sobre a mercadoria, nomeadamente o estado das portas

(aberto ou fechado), e a temperatura, em transportes refrigerados. Os sistemas de monitorização adquirem, também, grande importância na segurança dos bens, veículo e mercadoria, e dos motoristas. Em caso de furto, estes sistemas permitem obter instantaneamente a localização dos veículos e assim, facilitar a recuperação dos mesmos.

A monitorização de veículos é importante para a obtenção de informações corretas e em tempo real. Estes aspetos são essenciais para que uma transportadora possa gerir, com eficiência, a sua frota e ganhar confiança extra dos clientes [17].

2.2 Soluções existentes

Atualmente, no mercado, existem diversas soluções para a gestão de frotas, que têm em comum o princípio de funcionamento: a monitorização da frota através da instalação de equipamentos nos veículos e o tratamento da informação na central. As tecnologias utilizadas também são semelhantes, sendo a localização GPS e comunicação GSM (*Global System for Mobile Communications*) as utilizadas nas diversas soluções para a recolha de informação no veículo e o seu envio para o servidor remoto.

De acordo com as soluções já existentes, em seguida serão apresentadas algumas soluções que se destacam no contexto português de sistemas monitorização e/ou gestão de frotas.

2.2.1 Scania FMS

O Scania FMS (*Fleet Management*) é o sistema de gestão de frotas da Scania. Este sistema já está instalado em todos os veículos da marca desde 2012, sendo necessário a sua ativação para usufruir do mesmo. A Scania oferece o serviço nos primeiros 4 anos de utilização [18].

Desenvolvida pela Scania para os seus veículos, a solução está dividida em três pacotes: “Monitorização”, “Controlo” e “Acesso aos dados”

A versão base do sistema é a “Monitorização” que permite ao proprietário dos veículos conhecer todos os dados de frota em relatórios semanais, mensais e anuais. Os relatórios contêm categorias consideradas chave nos transportes, discriminadas para cada veículo da frota, facilitando uma comparação de desempenhos dentro da frota. No relatório são apresentadas estatísticas de distâncias percorridas, acelerações e travagens bruscas, consumos de combustível e emissões de dióxido de carbono. É ainda possível observar a percentagem de tempo que o veículo está em funcionamento ao ralenti ² e a percentagem em que está em velocidade excessiva, fatores que aumentam os consumos e desgaste dos veículos. Existe uma página na internet, e também uma aplicação para *smartphone*, que fazem parte de um portal onde os dados podem ser consultados. É possível registar neste portal avarias e fazer o planeamento da assistência aos veículos, tendo em conta as distâncias percorridas e o tempo em funcionamento [18].

O pacote “Controlo” é uma versão mais completa do pacote “Monitorização”. Para além de incluir todas as funções do anterior, este inclui ferramentas que tornam o sistema inteligente, possibilitando monitorização em tempo real. A grande característica do pacote é o facto de possuir a funcionalidade de mapa. Esta funcionalidade permite ao proprietário ter uma perspetiva das posições da sua frota no mapa, juntamente com as condições do veículo. As informações obtidas do veículo incluem a localização, o estado da ignição, a velocidade no momento, a quilometragem do veículo e o nível de combustível. É possível também visualizar a rota do veículo, definir áreas de atuação e alertas, evitando que o veículo seja utilizado indevidamente [18].

²Regime mais baixo no funcionamento de um motor de explosão, que o mantém em funcionamento sem acelerar.

O pacote que fornece todas as funcionalidades dos anteriores intitula-se de “Acesso aos dados”. As vantagens deste pacote é o facto de ser possível determinar a periodicidade com que o veículo envia os dados para o servidor remoto e o facto de os dados estarem disponíveis em formato normalizado, facilitando a integração deste sistema com outros existentes, em proprietários com veículos de diferentes marcas [18].

A grande vantagem do Scania FMS é o facto de este estar presente nos veículos aquando da sua aquisição, excluindo assim a necessidade de fazer instalações de *hardware* nos veículos. Nas desvantagens destaca-se a exclusividade do sistema a veículos da marca Scania e o facto de não ser possível obter dados sobre da mercadoria transportada.

2.2.2 ETLOC

Desenvolvido na Europa, o ETLOC é um sistema de localização de veículos por GPS. Este sistema destaca-se pela facilidade de utilização e por ser direccionada a utilizadores não profissionais. O sistema caracteriza-se pela sua simplicidade.

O sistema tem uma aplicação para *smartphone* que facilita a interação com o sistema no veículo, embora exista também a possibilidade de comunicar diretamente por SMS (*Short Message Service*), através de comandos pré-definidos. As principais funcionalidades do ETLOC consistem na fácil integração do sistema no veículo, devido às suas reduzidas dimensões, como é visível na figura 2.1, e baixo consumo energético; a opção de visualizar a localização do veículo no mapa, em tempo real; e a possibilidade de programar avisos. O sistema permite a ativação de vigilância ativa: um alerta é enviado para o telemóvel do utilizador se o veículo entrar em movimento com a vigilância ativa ou se o alarme do veículo for disparado. É ainda possível integrar um botão SOS no veículo, que caso seja premido, um alerta de SOS é enviado para um número de telemóvel pré-configurado, com a informação da localização do veículo [19].



Figura 2.1: Localizar Etloc com ligação à rede móvel, para implementação em veículos [19]

A principal vantagem deste sistema é a ausência de mensalidades: as comunicações são efetuadas diretamente do sistema para o telemóvel do proprietário, quando solicitadas por este ou quando algum alarme configurado for ativado. O sistema no automóvel funciona como se fosse um telemóvel autónomo, respondendo às SMS recebidas, pelo que apenas são taxadas as comunicações pela operadora, como se de um telemóvel se tratasse. A grande desvantagem é o facto de o sistema funcionar apenas para localização e alertas em tempo real, não permitindo o registo de informações em base de dados, inviabilizando a sua utilização para a gestão de frotas em empresas de transportes.

2.2.3 Cartrack

A Cartrack é uma empresa portuguesa, líder no mercado de tecnologias de monitorização de veículos, que surge de uma parceria com uma empresa sul-africana que desenvolve e comercializa sistemas de segurança automóvel (rastreamento e recuperação de veículos roubados) e sistemas de gestão de frotas [20].

Os produtos desenvolvidos pela Cartrack dividem-se em dois grandes grupos: [20]

- **Segurança** - No ramo da segurança os produtos permitem garantir a segurança dos veículos e dar resposta em caso de emergência. As informações dos veículos ficam disponíveis, para consulta, numa plataforma online e numa sala de controlo. Existem três versões diferentes de produtos de segurança:
 - **Quick** - esta é a versão base permite a localização dos veículos através de radio-frequência (baseado na localização pela rede móvel). Disponibiliza os dados em tempo real, 24h por dia, e fornece apoio em caso de roubo do veículo ou situações de emergência.
 - **Quick Plus** - é uma versão melhorada do produto anterior, que conta com um sistema de localização por GPS. Para além das melhorias na localização, inclui um botão de pânico que o condutor pode acionar em situações de emergência, desencadeando um alerta na sala de controlo.
 - **Quick Executive** - é a versão mais equipada das três. Inclui todas as funcionalidades da *Quick Plus*, ao qual acrescenta um botão de condutor não autorizado e a possibilidade de imobilização do veículo remotamente.
- **Gestão de frotas** - A ferramenta de gestão de frotas da Cartrack permite à transportadora gerir a sua frota online, com acesso às localizações dos seus veículos em tempo real e relatórios sobre o funcionamento destes. Existem duas versões de ferramentas de gestão de frotas:
 - **Fleet Management - Gestão de frotas** - esta versão do produto permite a localização com precisão do veículo em tempo real, a possibilidade de delimitar áreas de atuação, a definição de alertas por SMS, a leitura de quilometragem, a monitorização do tipo de condução praticado e a geração de relatórios de gestão. Todos os dados estão disponíveis para consulta numa página *web*.
 - **Safe Fleet Management - Gestão de frotas e segurança de viaturas** - esta é uma versão mais completa da anterior, à qual se junta as funcionalidades dos produtos de segurança. Assim, às funcionalidades descritas para o *Fleet Management*, acrescenta-se a instalação de componentes de segurança (botão pânico e possibilidade de imobilização do veículo e o apoio em caso de roubo do veículo ou situações de emergência).

A confidencialidade dos dados dos veículos é garantida com a necessidade de o utilizador se autenticar, com um utilizador e palavra-passe, para poder consultar as informações da sua frota.

2.2.4 TRACKiT

A TRACKiT é uma empresa portuguesa de desenvolvimento de sistemas de monitorização de veículos que pretende produzir produtos à medida dos clientes [21].

A principal vantagem deste sistema é a possibilidade de reprodução dos itinerários, com tempos ativos, paragens, consumos de combustível e dados sobre a mercadoria transportada. A possibilidade de obtenção de informações da mercadoria transportada e a disponibilização dessas informações ao cliente (quem contratou o serviço à transportadora) são inovações que não estão presentes nas soluções apresentadas anteriormente, mas que garantem um maior controlo das condições de transporte das mercadorias, importante para ganhar a confiança dos clientes [21].

Em linha com as soluções anteriores, também a TRACKiT fornece um diverso leque de produtos com diferentes características, de soluções base até soluções mais completas: [21]

- **Solução *Tracking*** - a versão base permite a obtenção da localização GPS e velocidade do veículo, e o seu envio para a central através da rede móvel. Os dados podem ser consultados numa página *web*
- **Solução *Frio*** - esta versão é adequada para o transporte de perecíveis. Às funcionalidades disponibilizadas no sistema *Tracking* são adicionadas informações sobre a temperatura do compartimento onde são transportados os perecíveis, possibilitando a deteção de inconformidades na temperatura durante o transporte.
- **Solução *ECODRIVE*** - esta solução permite a obtenção de dados do veículo, como consumos, rotações do motor, tempos em ralenti e acelerações/travagens bruscas. O estudo dos dados obtidos, pelo gestor, permite a perceção do estilo de condução e a introdução de correções, com vista na diminuição de consumos de combustível e emissões de gases.
- **Tacógrafo** - esta funcionalidade é um complemento ao sistema *ECODRIVE* e permite a monitorização de tempos de condução e de trabalho, emitindo alertas caso estes tempos sejam excedidos.
- **Segurança** - solução desenvolvida, principalmente, para o transporte de valores. Esta versão contém um sensor de abertura/fecho das portas e um botão SOS que pode ser acionado pelo motorista em caso de emergência, para além da localização GPS do veículo. Em caso de roubo, a monitorização do veículo permite determinar a localização e hora a que este ocorreu.

2.2.5 Frotcom

A Frotcom é uma empresa nacional que comercializa sistemas de gestão de frotas para todo o mundo. As suas ferramentas permitem, a uma empresa, a gestão de ativos, a gestão de custos, a monitorização de veículos e rotas e a elaboração de relatórios de gestão de frotas [22].

Na área de monitorização de veículos a solução da Frotcom consiste na instalação de um dispositivo no veículo que recolhe os dados no veículo. Os dados podem ser consultados numa aplicação da marca ou numa página *web*. A solução desenvolvida permite obtenção de diversos dados do veículo: [22]

- localização GPS do veículo e sua representação em mapa;
- velocidade;
- estado da ignição (veículo ligado/desligado);
- vários sensores: temperatura, portas aberta/fechada, nível de combustível, entre outros;

- ligação à centralina: rotações e temperatura do motor, consumos e quilometragem.

Os dados recolhidos nos veículos são enviados, periodicamente, para a central da Frotcom. Na central estes são processados, registados e analisados, sendo despontados alarmes, caso haja situações anómalas, e ativados os procedimentos para dar resposta ao problema encontrado [22].

2.2.6 Inosat

Especializada em soluções de gestão de frotas e localização, a Inosat é uma empresa portuguesa fundada em 2000, e que conta com uma presença internacional um pouco por todo o Mundo. Esta empresa oferece uma larga gama de produtos, para aplicações particulares e empresas, não só direcionada a veículos mas também a pessoas, animais e objetos.

Na categoria de soluções particulares a Inosat apresenta produtos para monitorização de carros, adultos, crianças e animais. As características desses produtos são: [23]

- **Car Locator** - sistema de localização GPS destinado a localizar veículos particulares. As principais funcionalidades deste produto são a localização GPS e criação de rotas em tempo real, a possibilidade de ver os dados em mapa, a oportunidade de definir zonas de segurança, a possibilidade de imobilização imediata do veículo e de criação de alarmes. Os alarmes possíveis de serem configurados são: a ativação do botão de pânico, a entrada/saída da zona de segurança e do país, o excesso de velocidade e o estado da ignição. Quando um alarme é ativo, o utilizador recebe uma SMS de alerta, exceto na utilização do botão de pânico em que o alerta é enviado para outro número configurado pelo utilizador. A comunicação entre o veículo e a central, para registo de informações, é efetuado por meio da rede móvel, sendo estas disponibilizadas para consulta numa *webpage*.
- **My Locator** - muito semelhante ao *Car Locator* em termos de funcionalidades, contudo, é uma versão portátil de reduzidas dimensões pensada para a monitorização de pessoas e bens. Existe também a versão *Child Locator*, com as mesmas funcionalidades, mas destinada a crianças. A figura 2.2 permite visualizar as características e demonstrar as pequenas dimensões.



Figura 2.2: Localizador Inosat com ligação à rede móvel, destinado à localização de pessoas e objetos [23]

- **Pet Locator** - produto de pequenas dimensões para localização de animais. As funcionalidades deste produto são a localização GPS em tempo real, a reprodução do percurso e a

definição de zonas de segurança. Os alarmes que podem ser ativados são a entrada/saída das zonas de segurança e a falta de bateria, situações em que um alerta por SMS é enviado para o proprietário.

A solução para empresas é chamada de **InoFrota Biz**. Esta solução é um sistema de localização e gestão de frotas, que tem como base a localização GPS e as comunicações pela rede móvel. As principais funcionalidades da solução são: [23]

- Localização atual em mapa, velocidade e estado da ignição;
- Cálculo da melhor rota para determinado percurso;
- Visualização da rota dos veículos em mapa;
- Definição de áreas de atuação;
- Informações de trânsito;
- Recolha de dados do veículo, como acelerações/travagens bruscas e consumos;
- Elaboração de relatórios de gestão de frotas (com dados de viagens, utilização, posições, velocidades, quilometragem, alarmes, entre outros);
- Visualização de todas as informações em *webpage*;
- Possibilidade de ceder ao cliente o acesso às informações do veículo;
- Disponibilidade de configuração de alarmes;
- Capacidade de ligação de periféricos.

Os alarmes possíveis de serem ativados são: a entrada/saída de zonas autorizadas, o uso indevido, o excesso de velocidade, a aceleração/travagem brusca e as situações de emergência. Os periféricos permitem adicionar algumas funcionalidades ao sistema destacando-se a imobilização remota do veículo, o identificador de condutor, o botão de pânico, o sensor de temperatura e o sensor de combustível. A Inosat oferece ainda a possibilidade de integração de outros módulos com vantagens para a gestão de frotas [23].

Quanto à arquitetura do sistema, a figura 2.3 representa de forma explícita as interações que existem entre as diversas entidades envolvidas. Os veículos que tenham o sistema InoFrota Biz instalado, a *Frota Inosat*, adquirem os dados de localização por GPS, além de outras informações do veículo. Posteriormente estas informações são enviadas para o *Servidor Inosat* recorrendo à rede móvel através da tecnologia GSM. Os dados registados no servidor podem ser consultados pelo *Cliente* (a transportadora ou o cliente que requisitou o transporte) através de qualquer dispositivo com ligação à internet [23].

A principal desvantagem deste sistema é o facto de envolver custos adicionais na consulta das informações adquiridas dos veículos. As informações são guardadas no *Servidor Inosat*, e a consulta das mesmas implica a utilização de recursos da Inosat, pelo que a empresa transportadora tem de suportar os custos deste serviço.

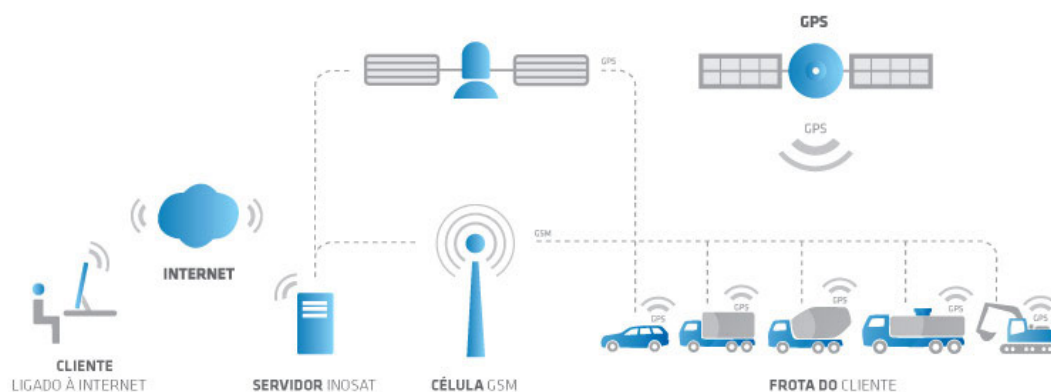


Figura 2.3: Esquema de comunicações do sistema InoFrota Biz [23]

2.2.7 Análise e comparação

Com a existência de diversas soluções é importante realçar algumas diferenças, vantagens e desvantagens.

Sendo assim, o Scania FMS é um sistema de localização nativo da marca, cuja principal vantagem é o facto de não necessitar de instalação de equipamentos extra, com a desvantagem de estar limitado a veículos da marca. Por sua vez, o ETLOC destaca-se pela sua simplicidade de instalação e utilização, sendo uma boa alternativa para clientes que apenas pretendam saber a localização atual dos seus veículos.

As restantes são soluções mais complexas, que acrescentam à localização de veículos, sistemas de gestão de frotas, sendo mais direcionados para empresas de transportes. Estas soluções são parecidas e todas contemplam a localização por GPS e comunicações dos dados por rede móvel, o registo de itinerários, a obtenção de dados do veículo, a configuração de alertas e a geração de relatórios de gestão. O Cartrack destaca-se pelos seus produtos na área da segurança, atuando em países problemáticos na África do Sul. O TRACKit, Frotcom e Inosat apresentam a possibilidade de recolher dados, não apenas dos veículos, mas também das mercadorias transportadas, constituindo uma informação importante na garantia da qualidade de transporte dada aos seus clientes, especialmente no transporte de perecíveis. A Inosat disponibiliza também sistemas de localização portátil, indicado para a localização de pessoas, animais e objetos.

Todas as soluções apresentadas têm vantagens para as empresas, contudo, com a crise económica é necessário fazer investimentos seguros. Estes sistemas de localização e gestão representam um custo elevado, sendo necessário efetuar o estudo da viabilidade na sua utilização. A tabela 2.1 apresenta os custos (sempre que disponíveis) de aquisição, e utilização, dos sistemas apresentados anteriormente.

A análise efetuada permite perceber que a implementação de uma solução desta natureza numa frota tem um custo elevado, uma vez que a aquisição da mesma custa centenas de euros para cada veículo. Ao investimento inicial são ainda adicionados custos, que podem ser considerados como custos de manutenção do sistema, que encarecem a solução.

Os custos de manutenção devem-se ao facto de a empresa transportadora, que adquira as soluções, ficar dependente do desenvolvedor do sistema para o registo, armazenamento e consulta dos dados dos seus veículos. Isto é, se a transportadora pretender aceder aos dados sobre um veículo seu, tem apenas de ir à *webpage* disponibilizada pelo desenvolvedor da solução para consultar essas informações. Assim, a *webpage* de consulta é propriedade do desenvolvedor,

Tabela 2.1: Comparação de custos das soluções apresentadas [19, 20, 23]

Solução		Preço de aquisição	Preço de utilização
Scania FMS		Sem dados	Sem dados
ETLOC		250 €	- tarifas das comunicações móveis
Cartrack	Quick	189.95 €	- mensalidade: 9.95 €
	Quick Plus	209.95 €	- mensalidade: 9.95 €
	Quick Executive	249.95 €	- mensalidade: 9.95 €
	Fleet Management	350 €+ IVA 23% = 430.50 €	- mensalidade: 16 €+ IVA 23% = 19.68 €
	Safe Fleet Management	450 €+ IVA 23% = 553.50 €	- mensalidade: 16 €+ IVA 23% = 19.68 €
TRACKiT		Sem dados	Sem dados
Frotcom		Sem dados	Sem dados
Inosat	Car locator	449.00 €	- Rota em tempo real (24h): 1.00 € - Extração da rota (1000 posições): 3.00 € - Pedido de posição*: 0.20 € - Ativar/Desativar imobilização remota*: 0.50 € - Alarme*: 0.50 €
	My Locator	379.00 €	- Consumo mínimo mensal: 2.00 € - Suspensão do serviço: 2.00 €
	Pet Locator	299.00 €	*cada evento
	InoFrota Biz	Sem dados	Sem dados

assim como as bases de dados onde estão registadas as informações. Este serviço tem custos associados, cobrados pelo desenvolvedor mensalmente ou através de tarifas aplicadas a cada pedido de consulta.

Estas soluções representam muitas vantagens para as transportadoras, uma vez que permitem a estas saberem onde e como, se encontram os seus veículos. Contudo, a logística associada à utilização do sistema, além do custo de aquisição do sistema de centenas, poderá ser um entrave à aquisição destas soluções.

2.3 Tecnologias de localização

A origem dos sistemas de localização remetem para tempos longínquos. O sol e as estrelas foram pontos de referência durante muito tempo, mas que se tornaram insuficientes para a navegação. Foi apenas no século XX que surgiram as técnicas para determinação da posição através do uso de sinais de rádio. O primeiro equipamento conhecido para rádio-navegação é datado de 1912. Mais tarde, com a Segunda Guerra Mundial, foi desenvolvido o RADAR (*Radio Detection And Ranging*) que permitiu a medição do intervalo de tempo entre o envio e/ou a receção de ondas rádio, entre recetores e transmissores [24].

Uma vez que a localização exata dos transmissores é conhecida, assim como a velocidade de propagação da onda rádio, o recetor tem a capacidade de medir o intervalo de tempo entre a chegada dos sinais provenientes de diferentes transmissores, podendo então calcular a localização. Com o recurso a dois transmissores, a informação obtida permite determinar que o recetor se encontra localizado algures numa reta (uma dimensão) entre os dois transmissores. Se for adicionado mais um transmissor, o recetor calcula a posição relativamente aos três, sendo então possível obter uma localização em latitude e longitude (duas dimensões) [24].

O funcionamento do GPS tem por base os mesmos princípios, sendo que os transmissores

consistem em satélites que orbitam a Terra, permitindo obter, entre outros dados, a localização a três dimensões. Para facilitar as trocas de informação entre dispositivos, foram criados protocolos de comunicação, como é o caso do NMEA 0183, para a comunicação dos dados GPS.

2.3.1 GPS - Sistema de Posicionamento Global

O GPS (*Global Positioning System*) é um sistema de navegação por satélite que fornece aos recetores, com precisão, o seu posicionamento tridimensional. Foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América para fins militares mas, na atualidade, pode ser utilizado por qualquer pessoa, desde que esta possua um recetor GPS [25].

Durante a Guerra Fria (1947-1991), e face à ameaça das armas nucleares soviéticas, os Estados Unidos perceberam que o GPS seria uma invenção que poderia dar-lhes vantagem, investindo no seu desenvolvimento. Com este sistema os Estados Unidos conseguiam saber a localização das armas inimigas, bem como a localização do seu armamento, em menos de 5 minutos, dando-lhes grande vantagem no lançamento de mísseis [26].

O desenvolvimento do sistema culminou com a criação, em 1973, do NAVSTAR-GPS (*Navigation System with Time And Ranging - Global Positioning System*), atualmente conhecido por GPS. Este sistema só foi declarado completamente operacional em 1995, sendo capaz de fornecer com grande precisão o posicionamento, no espaço e no tempo, e a velocidade a qualquer recetor localizado no globo terrestre [27].

Para facilitar a compreensão do sistema, este é, usualmente, dividido em três blocos: segmento espacial, segmento de controlo e segmento do utilizador.

O segmento espacial é o elemento primordial desta tecnologia. Este consiste numa constelação de 24 satélites distribuídos em 6 órbitas, como visível na figura 2.4, que orbitam a Terra que demoram cerca de 12 horas a percorrer a sua órbita³. Esta disposição dos satélites em órbita garante que, pelo menos, 4 satélites estejam sempre visíveis para um recetor, em qualquer ponto do globo terrestre. Os satélites emitem sinais de rádio para a Terra com informação sobre a sua localização e o tempo exato da emissão desse sinal, devido à presença de um relógio atómico em cada satélite [25].

Os satélites são continuamente monitorizados e controlados. Existem 13 estações terrestres, 1 central e 12 monitoras, que fazem o rastreio dos satélites e que constituem o segmento de controlo [25]. Este, para além de fazer o *tracking* dos satélites, é responsável por calcular as órbitas para cada satélite, determinar possíveis desvios, nas coordenadas e nos relógios dos satélites, e enviar informações corrigidas para estes, se necessário. O propósito do segmento de controlo é garantir que a informação transmitida dos satélites para os recetores seja a mais exata possível [29].

Todos os recetores GPS existentes na Terra constituem o segmento do utilizador. Estes têm a capacidade de receber, decodificar e transformar os sinais rádio emitidos pelos satélites de forma a utilizá-los em diversas aplicações. Teoricamente, para um recetor calcular a sua posição necessita de receber e conjugar informação recebida de, pelo menos, 3 satélites.

A interseção da informação recebida dos satélites denomina-se por método da triangulação. O recetor, através do intervalo de tempo de envio/receção dos sinais dos satélites, tem a capacidade de calcular a distância a que o recetor se encontra de cada satélite. Sabendo a distância a que o recetor se encontra de um satélite, é possível criar uma circunferência na superfície terrestre que engloba todos os pontos equidistantes a esse satélite, sendo que o recetor pode estar em

³No início, 21 satélites eram operacionais e 3 eram suplentes. Atualmente a rede GPS tem 30 satélites ativos na sua constelação [27]

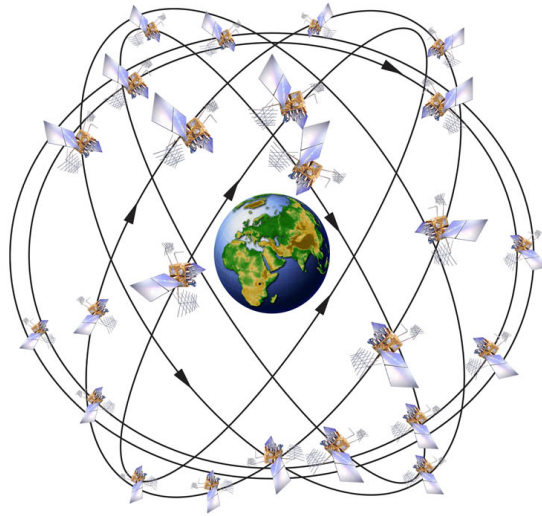


Figura 2.4: Esquema da distribuição dos 24 satélites nas 6 órbitas em torno da Terra [28]

qualquer um dos pontos dessa superfície, como se pode verificar na figura 2.5 à esquerda. Se for adicionada a informação de um segundo satélite, é igualmente possível desenhar a circunferência com os pontos equidistantes a este segundo satélite. Estas duas circunferências interseccionam-se em dois pontos, *A* e *B* na figura 2.5 ao meio, reduzindo a localização do recetor a apenas duas possíveis. Com o recurso ao terceiro satélite, a circunferência deste irá conter um destes dois possíveis pontos, determinando assim a localização do recetor, como representado na figura 2.5 à direita [26].

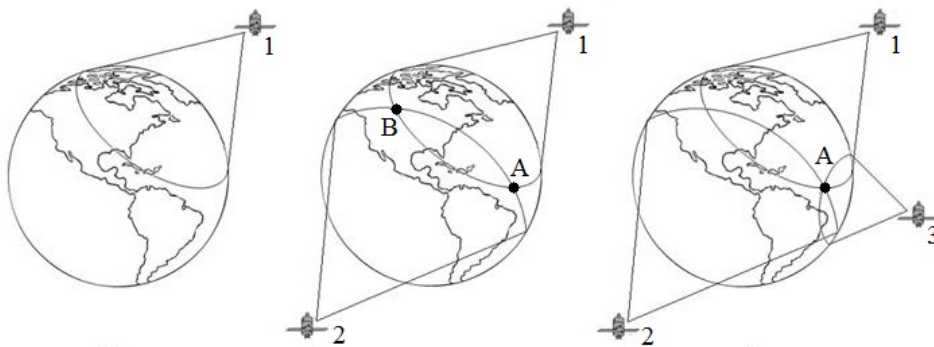


Figura 2.5: Explicação do método da triangulação [30]

Embora o método da triangulação apenas necessite dos sinais emitidos por 3 satélites para determinar uma posição, o recetor utiliza um quarto satélite. Este quarto satélite é utilizado para sincronizar os relógios atómicos dos satélites com o relógios dos recetores, garantindo assim que a medição do tempo entre o envio do sinal, pelo satélite, e a receção, pelo recetor, seja exata. Após a aplicação de correções, devido à utilização de que os sinais rádio viajam à velocidade da luz ⁴ nos cálculos e devido a possíveis distúrbios do sinal na atmosfera, é determinada a locali-

⁴a velocidade da luz no vácuo é de aproximadamente $3,0 \times 10^8$ m/s

zação do recetor na superfície terrestre em latitude, longitude e também altitude ⁵. Atualmente, a precisão padrão para um recetor GPS é de cerca de 3 metros, no entanto existem recetores sofisticados, usados apenas para fins militares, que atingem uma precisão de 300 milímetros [26, 27].

2.3.2 GLONASS, BeiDou/COMPASS, Galileo

Apesar de o GPS ser o sistema de posicionamento mais conhecido, existem outros sistemas desenvolvidos ou em desenvolvimento. A base de funcionamento destes sistemas é a mesma: satélites em órbita permitem aos recetores na Terra determinar a sua posição. A diferença está, essencialmente, na precisão dos mesmos e no propósito do seu desenvolvimento.

GLONASS

O GLONASS (Globalnaya Navigazionnaya Sputnikovaya Sistema ou Global Navigation Satellite System) é um sistema de posicionamento global desenvolvido entre 1976 e 2011, pela Rússia. Este é intitulado a versão russa do GPS desenvolvido pelos Estados Unidos da América.

Assim como o GPS, o GLONASS foi desenvolvido com o propósito de ser apenas para uso militar, mas atualmente está também disponível para uso civil. Este sistema necessita da informação de três satélites para determinar a posição de um recetor, contando com 24 satélites em órbita [31].

A precisão máxima do GLONASS está disponível para todos os utilizadores, ao contrário do GPS que limita a precisão no uso civil a 3 metros. No entanto, as diferenças são mínimas, sendo este sistema só utilizado em conjunto com o GPS, aumentando assim a precisão de posicionamento e a velocidade na obtenção da localização, uma vez que existe o dobro dos satélites que podem ser utilizados [32].

Este sistema de posicionamento destaca-se por ser a única alternativa, totalmente operacional, ao GPS, atualmente.

BeiDou/COMPASS

Também a China procura desenvolver o seu próprio sistema de posicionamento global. O BeiDou foi desenvolvido, com propósitos militares e civis, e está disponível para utilização, experimental, desde 2000. Nesse ano, o sistema era composto por apenas 3 satélites, restringido a cobertura apenas para a China e arredores. Atualmente, o sistema conta com 16 satélites operacionais que servem a zona da Ásia-Pacífico ⁶ [31].

O sistema permite aos recetores calcularem a sua posição com uma precisão de 5 metros, mas estão a ser efetuadas melhorias com vista a atingir uma precisão de centímetros [32].

As melhorias serão implementadas num novo projeto, o COMPASS, também conhecido por BeiDou-2. As previsões apontam para que o sistema esteja operacional, a nível mundial, em 2020. O sistema contará com um total de 35 satélites, sendo que 5 serão geoestacionários e 30 estarão em órbita.

Galileo

⁵ altura a que o recetor se encontra, em relação ao nível médio do mar

⁶ A zona da Ásia-Pacífico inclui grande parte da Ásia Oriental, Sul da Ásia, Sudeste da Ásia e Oceania. Pode também incluir partes da Rússia e América

A UE (*União Europeia*), para não ficar dependente dos sistemas das outras nações, também avançou com o desenvolvimento do seu próprio sistema de posicionamento, o Galileo.

A UE avançou também com o desenvolvimento do seu próprio sistema de posicionamento, o Galileo. O propósito do seu desenvolvimento foi a criação de um sistema próprio, evitando a dependência dos sistemas de outras nações. O facto do Galileo ter sido desenvolvido para uso civil, e não militar, é a grande diferença comparativamente aos outros sistemas referidos [31].

O Galileo pretende ser um sistema mais sofisticado, oferecendo uma precisão de localização de 1 metro e maior segurança. É na segurança que existe uma característica não presente nos outros sistemas: o sistema terá a capacidade de transmitir pedidos de ajuda em caso de emergência, facilitando o socorro pelas entidades competentes [31, 32].

O sistema será constituído por um total de 30 satélites divididos por três órbitas diferentes, podendo os recetores também usar o sinal dos outros sistemas. As previsões apontam para que em 2019 o sistema esteja completamente funcional.

2.3.3 Protocolo NMEA

A NMEA (*National Marine Electronics Association*) é uma associação, antecessora do GPS, e que tem como propósito o desenvolvimento de equipamentos eletrónicos destinados à aplicações marítimas [33].

O protocolo *standard* NMEA 0183, ou simplesmente NMEA, é um protocolo de comunicação de dados entre equipamentos de navegação, criado pela associação que lhe dá o nome, NMEA, em 1983. Este protocolo define um formato *standard* das mensagens trocadas entre equipamentos marítimos simplificando as comunicações entre estes, numa primeira fase. Os primeiros módulos GPS para uso marítimo incorporaram este protocolo, o que permitiu a ligação do GPS ao piloto automático dos barcos. Desde então, e devido ao seu sucesso, o protocolo NMEA está presente em quase todos os equipamentos GPS, quer seja para aplicações marítimas, aéreas ou terrestres [34].

O protocolo define um conjunto de mensagens para transmitir diferentes informações. Este tem sido constantemente atualizado e tem a capacidade de ser modificado pelos diferentes fabricantes de equipamentos, que alteram a estrutura das mensagens para responder às necessidades dos seus equipamentos [35].

Todas as mensagens *standard* começam pelo caractere “\$” (dólar), a informação transmitida é dividida em vários campos, separados por vírgulas, e terminam com o caractere “*” (asterisco). Após o “*” é adicionado um *checksum*, um *carriage return* e um *line feed* (*checksum* + <CR> + <LF>) [34].

A estrutura da mensagem está representada na figura 2.6. Após o “\$”, surgem dois caracteres (“- -” na figura 2.6) que identificam a categoria do dispositivo. Por exemplo, os caracteres “GP” identificam o GPS, ao GLONASS corresponde os caracteres “GL”, o BeiDou é identificado por “BD”, enquanto que “GA” identifica o Galileo. Os três caracteres seguintes, “GLL” na figura, identificam a estrutura da mensagem, definindo o seu conteúdo. As informações contidas na mensagem, como latitude e longitude, são separadas por vírgulas. O “*” marca o fim das informações, contudo existe um campo (“hh” na figura), o *checksum*, que serve para melhorar a validade dos dados transmitidos. Este campo é calculado tanto no emissor como no recetor, tendo em conta os caracteres da mensagem compreendidos entre o “\$” e “*”. A existência de diferenças no valor calculado permite a deteção de erros na informação transmitida. A mensagem termina com o *carriage return* e *line feed* (<CR><LF>) [34].

O protocolo NMEA fica desconexo devido à diversidade de tipos de mensagens existentes,

```
$--GLL,1111.11,a,yyyyy.yy,a,hmmss.ss,a,m,*hh<CR><LF>
```

Figura 2.6: Exemplo de uma mensagem NMEA [35]

adaptadas a diferentes necessidades. Por outro lado, a transmissão de dados NMEA pode ser efetuada através de diferentes interfaces de comunicação (Rs-232, USB, Bluetooth, Wi-Fi, UHF, entre outros) e os caracteres que compõem as mensagens têm codificação ASCII⁷, o que realça a versatilidade deste protocolo. Atualmente, NMEA é o formato padrão de mensagens utilizado por todos os fabricantes de GPS [33].

2.4 Tecnologias sem fios

A utilização de cablagem para transmitir os dados do veículo para a central (local onde se encontra o servidor que guarda as informações dos veículos, normalmente o edifício da empresa transportadora) só é possível quando o veículo se encontra na central, ligando-o fisicamente a esta, ou em qualquer lugar onde exista um equipamento com a capacidade de transmitir os dados à central.

Contudo, na monitorização de veículos em tempo real, não é possível esperar que o veículo se ligue fisicamente a um equipamento para que os dados recolhidos neste fiquem disponíveis para consulta. Assim, a aplicação de um sistema de monitorização de veículos, em tempo real, pressupõe a utilização de comunicações sem fios para a troca de dados.

Todos os sistemas de monitorização em tempo real recorrem à rede de comunicação móvel para efetuarem as comunicações entre os veículos e a central. A cobertura universal que esta rede oferece permite a sua utilização em qualquer parte do mundo, despertando o interesse na sua utilização neste tipo de sistemas. Assim, é importante perceber alguns conceitos associados, pelo que será apresentada uma abordagem da tecnologia GSM/GPRS.

Após o estudo dos sistemas existentes, é perceptível a troca de dados entre sensores e controladores, no veículo. Devido à arquitetura dos sistemas, muitas vezes os sensores não se encontram no mesmo local físico, no veículo, que os controladores, sendo necessário efetuar uma ligação entre estes. A ligação física, recorrendo à cablagem, é a primeira solução a ser estudada. No entanto, devido às características dos veículos, por vezes não é simples, nem viável, a passagem de cabos entre as diversas partes do mesmo (trator e reboque, por exemplo), sendo as comunicações sem fios uma solução. A comunicação no veículo atinge uma distância máxima de 18,75 metros (comprimento máximo de um veículo [36]), pelo que não é necessário o uso de uma comunicação universal como o GSM. Surge, assim, o recurso a tecnologias de comunicação sem fios, de menor alcance, como o *Bluetooth*, *ZigBee*, *Wi-Fi* e módulo radiofrequência, que fornecem aos sistemas maior mobilidade.

2.4.1 GSM/GPRS

O GSM (*Global System for Mobile Communications*) é a tecnologia padrão utilizada nas comunicações móveis. Foi desenvolvido com o propósito de efetuar comunicações de voz, mas

⁷American Standard Code for Information Interchange - ASCII é um código binário (0 e 1) que codifica letras, números e símbolos, utilizado para representar textos em computadores e dispositivos de comunicação

evoluiu, permitindo o envio de mensagens de texto, e posteriormente, a comunicação de dados com a tecnologia GPRS (*General Packet Radio Service*) [37].

O aparecimento da tecnologia GSM marcou a passagem da tecnologia analógica para a digital na transmissão de dados na rede móvel, sendo denominado de uma tecnologia de segunda geração (2G). A primeira fase de desenvolvimento, com o propósito da criação de um sistema padrão de comunicações móveis para a Europa, foi da responsabilidade da *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI). O sucesso da tecnologia conduziu à globalização da mesma, tendo esta sofrido alterações e encontrando-se em constante desenvolvimento, sob responsabilidade da *3rd Generation Partnership Project* (3GPP) [38].

A rede GSM funciona com diferentes gamas de frequência, dependendo do local. Na Europa as frequências utilizadas são 900MHz e 1800MHz (GSM-900 e GSM-1800, respetivamente), enquanto que nos Estados Unidos da América e Canadá as frequências são 850MHz e 1900MHz (GSM-850 e GSM-1900, respetivamente). No resto do Mundo, as frequências utilizadas são, maioritariamente, 900MHz e 1800MHz. Atualmente existem equipamentos que podem operar a duas, três ou quatro frequências (*dual-band*, *tri-band* e *quad-band*, respetivamente), facilitando a utilização desta tecnologia em diferentes pontos do globo [38].

Na figura 2.7 está representada a arquitetura da rede GSM. São as operadoras de rede móvel as responsáveis pela disponibilização da tecnologia. Esta está dividida em quatro grandes grupos: [39, 40]

- **Mobile Station (MS)** - “estação móvel”, que corresponde ao equipamento com acesso à rede móvel. Cada equipamento (telemóvel, *modem*, ou outros) tem uma identificação única, o IMEI (*International Mobile Equipment Identity*), e necessita de um cartão que identifica a operadora e faz o registo na rede, o cartão SIM (*Subscriber Identity Module*).
- **Base Transceiver System (BSS)** - o “sistema de estação base” é o que faz a ligação entre a estação móvel (MS) e o sistema de comutação da rede (NSS). Deste sistema fazem parte os pontos de acesso da rede (BTS - *Base Transceiver Station*) distribuídos pelo globo. Existe ainda um controlador base (BSC - *Base Station Controller*) que é responsável pelo controlo de várias estações base e funciona como intermediário entre estas e o sistema de comutação da rede.
- **Network Switching System (NSS)** - o processamento de informações através de protocolos e a gerência da base de dados são responsabilidades do “sistema de comutação da rede”. Este sistema integra vários subsistemas:
 - **Mobile Switching Center (MSC)** - Gere múltiplos controladores base (BSC), faz a ligação a outros centros de comutação (MSC) e efetua todo o processamento de dados na rede (processar chamadas, operar as bases de dados e tarifar os serviços). É chamado o centro da rede GSM.
 - **Home Location Register (HLR)** - Base de dados que contém a informação dos utilizadores, como a identidade internacional e localização corrente dos mesmos.
 - **Visitor Location Register (VLR)** - base de dados com informações quando o utilizador não se encontra na sua área de origem. Esta guarda informações sobre a identidade temporária, a área de localização e o estado do equipamento (ocupado/livre).
 - **Equipment Identify Register (EIR)** - Possui uma base de dados onde estão registados todos os equipamentos móveis, através do seu IMEI.

- **Authentication Center (AuC)** - Trabalha em conjunto com a base de dados HLR e é responsável pela encriptação dos dados na rede, com vista a impedir ataques à rede.
- **Operations and Maintenance System (OMS)** - “sistema de operação e manutenção” é responsável por administrar, operar e supervisionar todos os elementos da rede GSM.

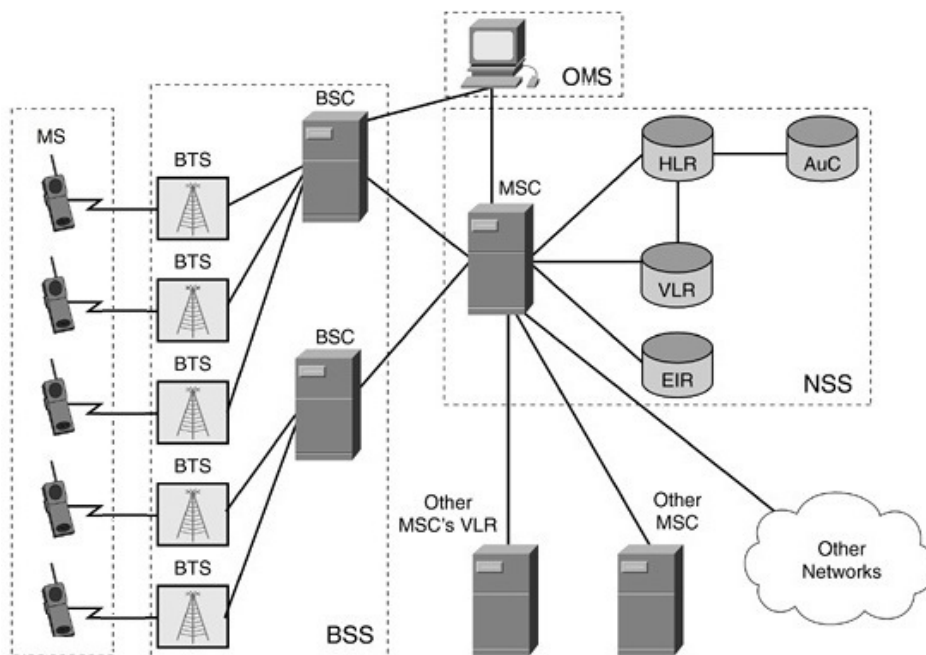


Figura 2.7: Arquitetura da rede GSM - Rede móvel [41]

Em comparação com os sistemas anteriores, o GSM tem como principais características a segurança, robustez, fiabilidade, baixo débito de transmissão e *roaming*. Esta característica é fundamental para o funcionamento dos equipamentos móveis fora dos seus países de origem, garantindo grande mobilidade aos utilizadores sem terem de trocar de equipamentos e identificação SIM [39].

O GSM é a tecnologia móvel de segunda geração com maior êxito. Contudo, o desenvolvimento da internet e a necessidade de taxas de transferência de dados mais elevadas deu origem a novos desenvolvimentos, surgindo assim o GPRS [42].

O GPRS (*General Packet Radio Service*) é, assim, uma evolução do GSM, sendo classificado como uma rede 2.5G, visto que é a intermediária entre a rede 2G (GSM) e a rede 3G (UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*)). Embora a rede GSM permita o envio de dados, a taxa de transmissão é muito lenta para aplicações reais. Com o GPRS é possível o aumento das taxas de transferência de dados nas redes GSM existentes, surgindo assim a transmissão e receção de informação por dados móveis [42].

Na internet, os dados são transmitidos em pacotes, mas na rede GSM não era possível essa organização. A tecnologia GPRS possibilitou a organização e o tráfego destes pacotes integrados na rede GSM. A técnica da comutação de circuitos, usada pelo GSM, caracteriza-se pela criação de conexão, entre o ponto de origem e destino, e a sua alocação na rede, o que implica que os recursos da rede sejam dedicados à conexão enquanto esta é efetuada, sem interrupções. O GPRS utiliza a técnica da comutação de pacotes. Esta técnica caracteriza-se pelo envio da informação

para a rede dentro de pacotes, que têm no cabeçalho o endereço de destino. Os pacotes são transmitidos pela rede, podendo percorrer diversos caminhos até ao destino. A grande vantagem desta técnica é a redução dos recursos ocupados na transferência de dados, uma vez que, na comunicação por pacotes, os recursos da rede são partilhados pelos utilizadores e apenas são utilizados quando necessário [39].

A base desta tecnologia é o GSM, pelo que, a arquitetura base do GPRS é igual à do GSM. No entanto, existem novos elementos: [42]

- **Packet Control Unit (PCU)** - “unidade de controle de pacote”, funciona junto ao controlador base (BSC) e é responsável por se diferenciar dos dados que são destinados à rede GSM (comutação de circuito) ou à rede GPRS (comutação de pacotes). Na segunda opção, esta unidade tem a função de organizar os dados em pacotes e enviá-los para o servidor do nó de suporte (SGSN).
- **Serving GPRS Support Node (SGSN)** - o “servidor do nó de suporte GPRS” é a porta de entrada para os serviços dentro da rede. As principais funções são a deteção de novos utilizadores e registo dos mesmos (autenticação), encaminhamento e transferência dos pacotes, gerir a mobilidade e a logística das ligações e tarifar os serviços. O SGSN também armazena informação da localização e do perfil dos utilizadores autenticados na sua rede.
- **Gateway GPRS Support Node (GGSN)** - a porta de entrada para o mundo exterior é efetuada pelo “gateway do nó de suporte GPRS”. Este tem a função de organizar, receber e encaminhar os pacotes de dados de redes exteriores para a sua rede, e vice-versa.

O desenvolvimento desta tecnologia permitiu a integração da rede móvel na internet através da divisão dos dados em pacotes segundo o protocolo IP (*Internet Protocol*). As principais vantagens desta tecnologia, em relação ao GSM, consistem numa maior taxa de transmissão de dados (170kbit/s no GPRS contra 14kbit/s no GSM); menores custos de transmissão, uma vez que a tarifa é aplicada ao tamanho dos dados transmitidos e não ao tempo de conexão; conectividade sempre disponível e utilização mais eficiente dos recursos da rede, devido ao uso da comutação de pacotes; e a possibilidade do desenvolvimento de novos produtos com aplicações remotas. [39, 42]

2.4.2 Bluetooth

O *Bluetooth* é uma tecnologia de comunicação sem fios de curto alcance, desenvolvida para a troca de dados entre dispositivos de forma rápida e cómoda [43].

A empresa Ericsson, em 1994, começou a estudar a viabilidade de uma tecnologia de baixo custo, que utilizasse sinais de rádio e que permitisse a comunicação entre dispositivos móveis e periféricos. O desenvolvimento da tecnologia cativou a atenção de outras empresas, nomeadamente a Nokia, IBM, Intel e Toshiba e, em 1998, com o objetivo de desenvolver o *Bluetooth*, foi criado um consórcio pelas marcas referidas - SIG (*Special Interest Group*) [44].

A transmissão de dados via *Bluetooth* é feita por radiofrequência a uma frequência de 2.45GHz (pode oscilar entre 2.4GHz e 2.5GHz, dependendo do país). Sendo uma comunicação por radiofrequência é necessário que os dispositivos a conectar estejam dentro do limite de alcance. O alcance varia segundo a classe do dispositivo, atingindo um máximo de 100 metros para dispositivos de classe 1, 10 metros para classe 2 (a que está, normalmente, presente nos dispositivos móveis) e, para a classe 3, 1 metro. Quanto aos consumos, estes dependem, igualmente, da classe, sendo que um dispositivo de classe 1 consome 100 mW, um de classe

2 consome 2.5 mW e um de classe 3 apenas 1 mW. Dispositivos de diferentes classes podem comunicar entre si, estando limitados às características do dispositivo de classe inferior [43, 44].

Como principais vantagens desta tecnologia é possível referir o baixo custo de aquisição e consumo energético, a grande diversidade de aplicações, a elevada taxa de transferência e a topologia de rede *Master-Slave*, que permite a ligação de até 8 dispositivos [43].

Sendo esta uma tecnologia em constante evolução, as especificidades desta alteram-se e surgem novas versões. A principal diferença entre versões reside na alteração da taxa de transferência. Dispositivos com diferentes versões podem comunicar entre si, estando limitados às características do dispositivo com a versão mais antiga. A evolução das versões e das suas características são: [43, 44]

- **Bluetooth 1.0** - a primeira versão da tecnologia apresentada em 1998, refletia problemas que inviabilizavam a sua implementação e utilização. A taxa de transferência máxima é de 1 Mbps (velocidade padrão é de 721 kbps).
- **Bluetooth 1.1 / 1.2** - em 2001, a correção de muitos problemas encontrados na versão anterior culminou no lançamento da versão 1.1 que marca o estabelecimento da tecnologia como padrão IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) 802.15.1⁸. A versão 1.2, de 2003, tem como novidades conexões mais rápidas, melhor proteção contra interferências e processamento de voz avançado. Em ambas as versões a taxa de transferência manteve-se igual, 1 Mbps.
- **Bluetooth 2.0 / 2.1 + EDR (Enhanced Data Rate)** - a versão 2.0 surgiu em 2004 e proporcionou um aumento da taxa de transmissão de dados máxima para 3 Mbps, bem como diminuição do consumo de energia e correção de falhas existentes. Melhorias na segurança e consumos caracterizaram a versão 2.1.
- **Bluetooth 3.0 + HS (High Speed)** - com a evolução dos dispositivos, foi lançada, em 2009, a versão 3.0. Esta teve como principal novidade a alta velocidade, com uma taxa máxima de transferência de 24 Mbps e um controlo inteligente dos consumos na conexão de equipamentos.
- **Bluetooth 4.0 / 4.1** - em 2010 surgiu a versão 4.0 com vantagens na otimização da energia nos dispositivos, principalmente quando em *idle* (dispositivo ativo, mas sem estar em utilização). A versão 4.1, de 2013, permitiu o suporte de múltiplas funções em simultâneo, melhorando a utilização dos consumidores. A taxa de transferência manteve-se.
- **Bluetooth 4.2** - é a última versão, de 2014, caracterizando-se pelo aumento da segurança e velocidade. A taxa de transferência de dados máxima situa-se nos 60 Mbps.

A comunicação efetuada, entre dispositivos com esta tecnologia, é baseada numa comunicação *Master-Slave* (Mestre-Escravo). O *master* é o dispositivo que iniciou a comunicação, enquanto que o outro dispositivo assume o papel de *slave*. O *master* controla toda a comunicação e faz o envio dos dados para cada *slave*. O *slave* apenas recebe e responde aos pedidos do *master*. A tecnologia *Bluetooth* permite, como referido anteriormente, a ligação de 8 dispositivos, constituindo uma rede. Esta é composta por 1 *master* e, no máximo, 7 *slaves*. Os *slaves* não comunicam diretamente entre si [43].

⁸Padrão para tecnologias da informação - especificações para redes sem-fio de área pessoal

Para conectar dois ou mais dispositivos, é necessário ceder a autorização em todos os dispositivos: um dispositivo, o *master*, faz uma tentativa de ligação a outro, um *slave*. Este tem de aceitar ou recusar essa ligação, podendo ser necessária a confirmação por código. Esta necessidade de autorização evita ligações não pretendidas, sendo assim, uma garantia de segurança na utilização desta tecnologia [44].

Atualmente o *Bluetooth* é uma tecnologia que está presente em diversos produtos: telemóveis, impressoras, computadores, teclados, ratos, *kits* de mãos-livres em automóveis, recetores GPS, relógios, televisões e óculos, são alguns exemplos de aplicações que tornam a tecnologia universalmente utilizada.

2.4.3 ZigBee

A comunicação sem fios está presente na sociedade há vários anos, por exemplo através da internet *wireless*, e que permite a transferência de grande volume de dados a grande velocidade. Contudo, existem poucas redes *wireless* destinadas, exclusivamente, ao controlo de dispositivos que necessitam de poucos dados (relés, motores, sensores, entre outros) [45].

Para desenvolver um *standard* de comunicação sem fios, em 2002 foi criada a *ZigBee Alliance*. Esta associação é composta por empresas que trabalham em conjunto no desenvolvimento de uma comunicação sem fios segura, de baixo custo e consumo energético [46].

O *ZigBee* é um *standard* de comunicações sem fios que tem como base a norma IEEE 802.15.4 e que é utilizado para o controlo e monitorização de dispositivos. A taxa de transferência da tecnologia depende da frequência a que esta opera: na Europa a frequência utilizada de 868 MHz possibilita uma taxa de 20 kbps, enquanto que nos Estados Unidos a taxa é de 40 kbps a uma frequência de 915 MHz. No resto do mundo a frequência usada é de 2.4 GHz com uma taxa de transferência de 250 kbps [45].

Esta tecnologia tem um alcance entre 10 e 1600 metros, mas tipicamente é considerado cerca de 100 metros, dependendo da potência dos dispositivos e das condições ambientais. Quanto à topologia de rede, esta pode assumir várias formas, como malha, árvore ou estrela. Na rede em malha todos os nós (dispositivos) estão ligados a todos os outros nós da rede, criando vários caminhos possíveis por onde a informação pode fluir. Na topologia em árvore, existe um nó principal ao qual se ligam outros, e as estes últimos ligam-se mais nós. À rede em que existe um nó central ao qual todos os outros estão ligados, e pelo qual todos os dados passam, dá-se o nome de estrela. Em qualquer topologia a rede suporta cerca de 65500 nós [45].

Numa rede *ZigBee* existem três classes de dispositivos: [45]

- ***ZigBee Coordinator (ZC)*** - o “coordenador” tem como objetivos a formação, manutenção e segurança da rede.
- ***ZigBee Router (ZR)*** - o *router* é responsável pela expansão da rede, aumentando o alcance da rede.
- ***ZigBee End Device (ZED)*** - o “dispositivo final” realiza funções específicas dependendo do dispositivo (sensor e atuador, por exemplo). Tem a capacidade de ficar em modo *idle* a maior parte do tempo, quando não é necessário, e assim minimizar os consumos de energia.

O *ZigBee* é aplicado, essencialmente, em sistemas de domótica e automação industrial. A utilização desta tecnologia permite a aquisição de dados de sensores (temperatura, humidade, pressão, entre outros), bem como o controlo de sistemas (são exemplo os sistemas de iluminação,

de aquecimento, de irrigação, de alarme e abertura/fecho de portas) de forma simples, sem cablagem, com baixo custo de aquisição e baixo consumo [46].

2.4.4 Wi-Fi

O *Wi-Fi* é um tipo de rede sem fios que permite a conexão à internet e a transferência de dados entre dispositivos, por meio de ondas rádio. Atualmente, telemóveis, computadores, *tablets*, consolas, entre outros equipamentos, possuem esta tecnologia, o que faz dela a rede sem fios mais utilizada no mundo [47].

A procura de um *standard* de comunicação sem fios resultou no desenvolvimento de diferentes propostas. A pesquisa de desenvolvimento do *Wi-Fi* esteve a cargo de um grupo fundado em 1999, a *WECA* (*Wireless Ethernet Compatibility Alliance*), formado por empresas como a *3Com*, *Nokia*, *Alcatel* e *Motorola*. Em 2003 o grupo passou a chamar-se *Wi-Fi Alliance*, possuindo, constantemente, um aumento do número de empresas associadas [48].

Tendo em vista a padronização de normas e especificações, a *WECA* desenvolveu esta tecnologia baseada na norma IEEE 802.11, muito semelhante à IEEE 802.3, norma que define as especificações para a *Ethernet* (internet com fio) [48].

O alcance desta tecnologia varia com a frequência que é utilizada. Geralmente são usadas duas frequências: 2.4 GHz e 5 GHz. Na menor frequência o alcance típico é de 200 metros (máximo de 400 metros, sem obstáculos, como por exemplo paredes) e uma taxa de transferência de 11 Mbps, enquanto que para a maior frequência o alcance típico diminui para 50 metros (máximo para 150 metros) e uma taxa de transferência de 54 Mbps [49].

Atendendo à topologia de rede, o *Wi-Fi* pode ser considerado, tipicamente, como estrela: existe um ponto de acesso (AP - *Acess Point*) onde se ligam todos os dispositivos (STA - *Station*), formando uma rede. A segurança da rede é garantida recorrendo à criptografia. A tecnologia fornece vários esquemas para proteção da rede, desenvolvidos com o melhoramento desta. Os principais perigos da utilização desta tecnologia estão relacionados com o acesso a dados de um equipamento por parte de outro, dentro da rede. Para solucionar o problema, o acesso a uma rede *Wi-Fi* está, normalmente, protegido por palavra-passe, pelo que só equipamentos autorizados se podem conectar à mesma [48].

O padrão IEEE 802.11 foi aprovado em 1997, tendo sofrido várias alterações até ao presente, surgindo novas versões com diferentes características, especialmente nas taxas de transferência. As versões mais populares, devido às melhorias introduzidas, são: [47, 48]

- **IEEE 802.11** - a primeira versão do padrão, lançado em 1997. Determina que as comunicações são efetuadas por frequência rádio entre 2.4 GHz e 2.5 GHz, com largura de banda de 22 MHz e taxas de transferência de 1 Mbps e 2 Mbps. O alcance varia entre 20 metros em interiores e 100 metros em exteriores sem obstáculos.
- **IEEE 802.11b** - atualização do padrão lançada em 1999 que tem como principal característica a possibilidade da utilização de taxas de transferência de 1 Mbps, 2 Mbps, 5.5 Mbps e 11 Mbps. O alcance máximo, em condições ideais, aumentou para 50 metros em interiores e 400 metros em exteriores. A partir desta atualização, a taxa de transmissão pode diminuir, até 1 Mbps, à medida que um equipamento se afasta do ponto de acesso, garantindo a estabilidade da conexão.
- **IEEE 802.11a** - no final de 1999 surgiu uma nova versão que inclui diversas melhorias. As taxas de transferência de dados foram atualizadas para 6 Mbps, 9 Mbps, 12 Mbps,

18 Mbps, 24 Mbps, 36 Mbps, 48 Mbps e 54 Mbps. A frequência utilizada passou para 5 GHz, com uma largura de banda de 20 MHz, e o alcance não sofreu alterações. A utilização desta frequência tem a vantagem de ser pouco utilizada e assim ter menores possibilidades de interferências, contudo muitos países não têm regulamentação para esta frequência, o que constitui um problema.

- **IEEE 802.11g** - versão de 2003 que conta como principal característica a possibilidade de taxas de transferência iguais à versão 802.11a, mas a uma frequência de 2.4 GHz e largura de banda de 20 MHz, resolvendo os problemas da regulamentação. O alcance da rede manteve-se inalterado.
- **IEEE 802.11n** - em 2009 surgiu uma versão que introduziu várias novidades. Esta versão combina o funcionamento a frequências de 2.5GHz e 5 GHz, com largura de banda de 20MHz e 40 MHz. A taxa de transferência típica é de 150 Mbps e o alcance de 400 metros, sem obstáculos. Com a utilização de várias vias de transmissão (antenas) as taxas de transferência aumentam para cerca de 300 Mbps.
- **IEEE 802.11ac** - datado de 2013, tem como principal característica uma taxa de transferência de 433 Mbps, podendo atingir 6 Gbps com o recurso a várias vias de transmissão. A frequência padrão é 5 GHz, estando também disponível 2.4 GHz, e a largura de banda é de 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz e 160 MHz. Uma novidade desta versão consiste no facto de o ponto de acesso ser dotado de inteligência, com a capacidade de reforçar o sinal para os equipamentos que estão conectados em vez de propagar o sinal de forma uniforme em todas as direções.

De realçar que equipamentos com versões de tecnologias diferentes podem comunicar entre si, estando as taxas de transferência e velocidades sempre limitadas às características da versão mais antiga.

2.4.5 Módulo radiofrequência - nRF24L01+

Utilizando a tecnologia de radiofrequência “pura”, sem ter outras tecnologias associadas, como as descritas anteriormente, existem diversos fabricantes que desenvolveram módulos de radiofrequência, com protocolos de comunicação diferentes.

Para esta dissertação, o estudo incidiu no módulo de radiofrequência *nRF24L01+*, produzido pela *Nordic Semiconductor*. Este foi desenvolvido para aplicações em comunicações sem fios, tendo por base o protocolo *Enhanced ShockBurst*, responsável pela construção dos pacotes que contém a informação, a confirmação do envio e retransmissão dos pacotes, caso seja necessário, de forma autónoma [50].

Este módulo opera a uma frequência de 2.4 GHz, com uma largura de banda de 1 MHz ou 2MHz e uma taxa de transferência de dados de 250 kbps, 1 Mbps ou 2 Mbps. A potência de saída pode ser configurada em 0, -6, -12, e -18dBm, alterando o alcance da rede e o consumo do módulo. Esta tecnologia possui a capacidade de entrar em modo *sleep* quando o módulo não está a comunicar, diminuindo consideravelmente o consumo do mesmo [50].

Em termos de alcance, um módulo com antena interna tem um alcance de 10 metros em espaços interiores (com paredes e mobiliário), podendo atingir os 100 metros em exteriores (sem paredes ou árvores, por exemplo). Em módulos com antena externa, o alcance máximo pode atingir os 1000 metros, mas o seu custo é superior e o seu consumo mais elevado. Os consumos

variam consoante o modo em que o módulo se encontra: em modo emissor o consumo é de 11.3 mA, em modo recetor é de 13.3 mA, enquanto que em modo *sleep* é de apenas 0.0009 mA [50].

Quanto à topologia de rede, geralmente é utilizada em estrela: o *master* comunica com os *slaves*, estando estes identificados por um endereço único. Os endereços disponíveis variam entre 1 e 255, pelo que, teoricamente, é possível ligar até 255 módulos numa rede. Este módulo é um transceptor (*transceiver*), isto é, pode ser configurado para receber ou enviar dados, com a capacidade de alternar entre modos [50].

O reduzido consumo de energia associado ao baixo custo destes módulos promove a sua crescente utilização: controlos remotos, aparelhos de automação (em indústrias e em habitações), brinquedos e periféricos de computadores, são alguns exemplos onde esta tecnologia é utilizada.

2.4.6 Análise e conclusão

Tendo em vista atingir os objetivos da dissertação, é necessário a escolha de tecnologias que melhor se adequem à aplicação. A tabela 2.2 apresenta as características mais importantes das tecnologias apresentadas anteriormente, facilitando a comparação ⁹.

Tabela 2.2: Comparação das diferentes tecnologias de comunicação sem fios

Característica	Bluetooth	ZigBee	Wi-Fi	nRF24L01+
Taxa de transferência	até 60 Mbps	20, 40, 250 kbps (depende da frequência)	até 433 Mbps	250 kbps, 1 Mbps, 2 Mbps
Alcance	até 100 metros	até 100 metros	até 200 metros	até 100 metros
Frequência	2.4 GHz	868 Mhz, 915 MHz, 2.4 GHz	2.4 ou 5 GHz	2.4 GHz
Consumo de energia (em utilização)	1 mW - 100 mW	175 mW - 700 mW	200 mW - 650 mW	37 mW - 44 mW
Preço	~0.8 €	~0.9 €	~1.5 €	~0.5 €

A comunicação por *ZigBee* é direcionada para aplicações em sistemas de automação com ligações a vários dispositivos na rede, sendo que uma das grandes vantagens consiste na possibilidade de utilizar diferentes taxas de transferência, dependendo da frequência utilizada. O *Wi-Fi* tem a vantagem de ter uma taxa de transferência muito maior do que as restantes tecnologias. Em termos de custos, estas tecnologias são as que têm um preço mais elevado e que apresentam um consumo maior.

O *Bluetooth* apresenta um baixo consumo, no caso dos dispositivos com alcance de 1 metro. Para os dispositivos com maior alcance, o consumo sobe até 100 mW. Comparando com o módulo de radiofrequência *nRF24L01+*, este último apresenta um consumo de energia inferior para um mesmo alcance, e um custo de aquisição igualmente inferior. Sendo estes dois fatores relevantes para a implementação no sistema, o módulo de radiofrequência *nRF24L01+* é o que apresenta melhores características relativamente às outras tecnologias apresentadas.

Relativamente às comunicações a longas distâncias, GPRS e GSM, conclui-se que a primeira tem a melhor relação custo-benefício. Um sistema de monitorização, em tempo real, tem de estar constantemente a enviar informações para a base de dados, pelo que a utilização de uma tecnologia em que a tarifa é aplicada ao tamanho dos dados transmitidos, GPRS, será mais vantajosa do que uma tecnologia em que a tarifa é aplicada ao tempo de conexão.

⁹Os preços apresentados na tabela dizem respeito a módulos, equipados com as respetivas tecnologias, preparados para utilização com microcontroladores e/ou arduino, à venda na internet

Capítulo 3

Implementação da solução proposta - Hardware

3.1 Arquitetura do sistema

No presente capítulo é realizada uma análise dos requisitos do sistema, sendo apresentadas as funcionalidades e restrições do mesmo. Os requisitos analisados permitem a definição geral da arquitetura do sistema de monitorização de veículos.

3.1.1 Funcionalidades do sistema

Qualquer sistema de monitorização ou controlo é avaliado pela capacidade que o mesmo tem em executar funções. Para um sistema de monitorização de veículos em tempo real é previsível que este seja capaz de mostrar, sem ter de estar fisicamente ligado ao veículo, dados sobre o mesmo.

Desta forma as principais funcionalidades do sistema desenvolvido são:

- Aquisição de informação acerca da localização do veículo;
- Aquisição de dados sobre as condições de transporte;
- Decodificação da informação recolhida;
- Envio das informações para uma base de dados;
- Interface com o utilizador onde são visualizadas as informações.

3.1.2 Restrições

O sistema desenvolvido destina-se à aquisição de dados em veículos, em tempo real, o que implica que não haja uma ligação física entre o veículo e a base de dados. Assim, este está sujeito a algumas restrições:

- Sistema de custo reduzido;
- Alimentação do sistema através do veículo ou baterias;
- Baixo consumo de energia;

- Possuir dimensões reduzidas;
- Utilização de comunicações sem fios;
- Ser robusto e fiável.

3.1.3 Perspetiva geral

No capítulo anterior foram referenciados alguns sistemas de monitorização existentes no mercado, assim como as suas vantagens e desvantagens. Um dos problemas detetados foi o seu custo: os produtos implicam um investimento inicial na compra do sistema e um custo de utilização do serviço que é prestado pelo produtor do sistema.

O principal objetivo do desenvolvimento de um novo sistema, já referido anteriormente, consiste em fornecer à empresa de transportes um produto integral que tenha a capacidade de executar as funções descritas. Adquirido o sistema, a transportadora não depende de terceiros para consultar as informações do veículo podendo assim, facilmente, aceder às mesmas sempre que necessário. Sendo propriedade da transportadora a manutenção do sistema, esta pode ceder ao cliente o acesso às informações do veículo, ficando o cliente com acesso privilegiado e autónomo às mesmas em tempo real.

As funcionalidades e restrições enumeradas implicam a necessidade de o sistema ser dividido em unidades:

- **Unidade veículo** - esta unidade tem como finalidade a recolha dos dados no veículo. As informações recolhidas (localização e condições da mercadoria) são enviadas para a base de dados em tempo real através de uma ligação móvel.
- **Unidade central** - para os dados do veículo poderem ser consultados é necessário serem guardados. A unidade central contém a base de dados onde são guardadas as informações e aloja a interface (página *web*) onde podem ser consultadas as informações.
- **Unidade cliente** - esta não é uma unidade desenvolvida mas que faz parte do sistema integral. Esta unidade pode ser qualquer dispositivo (computador, *tablet* ou *smartphone*) com *browser* e ligação à internet que permite o acesso à página *web* para consulta das informações.

A figura 3.1 ilustra a arquitetura do sistema proposto e as interações existentes entre as diversas unidades. Os dados recolhidos na “Unidade veículo” são enviados por comunicação sem fios, através da internet, para a “Unidade central” onde são guardados. Para uma mesma “Unidade central” podem existir várias “Unidade veículo”, uma por cada veículo que a transportadora detenha. Se a transportadora ou o cliente (Unidade cliente) pretender aceder aos dados é feito um pedido através da internet à “Unidade central” e esta responde com o envio de uma página *web* que contém as informações para o autor do pedido, a “Unidade cliente”.

Sendo um sistema integral a transportadora é a detentora da “Unidade veículo” e “Unidade central” ficando assim responsável por fazer a sua gestão, essencialmente a gestão da “Unidade central”. Esta gestão implica o registo de novas viagens quando solicitado por um cliente e a partilha do acesso às informações dessa viagem com o cliente.

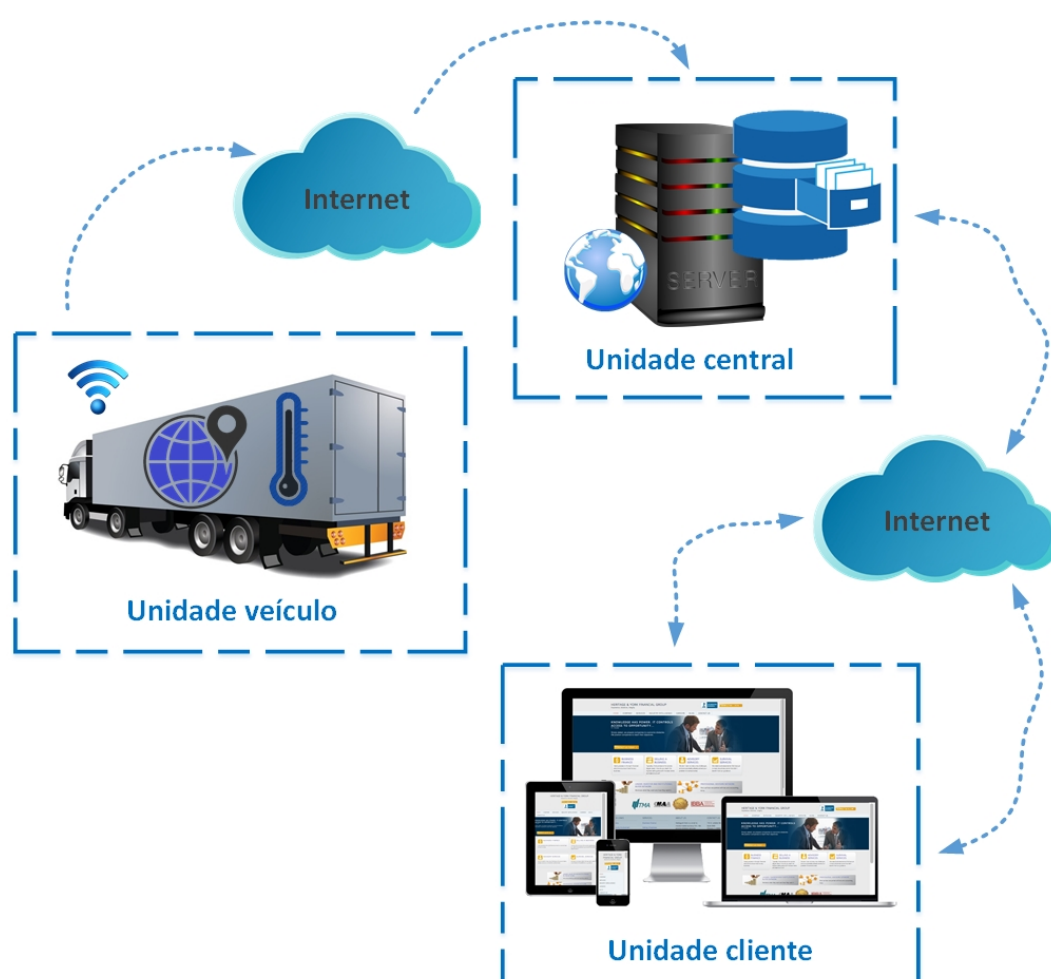


Figura 3.1: Perspetiva geral da solução proposta

3.2 Implementação da solução

Considerando a solução proposta, neste capítulo é descrito, pormenorizadamente, o processo do desenvolvimento do sistema, apresentando todos os passos no desenvolvimento do *hardware* e do *software*, bem como o seu funcionamento.

O desenvolvimento do *hardware* consiste na escolha dos componentes e na sua ligação de forma a construir um ou vários módulos capazes de implementar a solução proposta. No desenvolvimento do *software* é feita a programação do *hardware* e o desenvolvimento da interface.

Para simplificar a implementação da “Unidade veículo”, esta foi dividida em dois módulos: o “Módulo habitáculo” e o “Módulo reboque”. O “Módulo habitáculo” fica localizado na cabina, junto do condutor, enquanto que o “Módulo reboque” fica localizado no atrelado, onde se encontra a mercadoria.

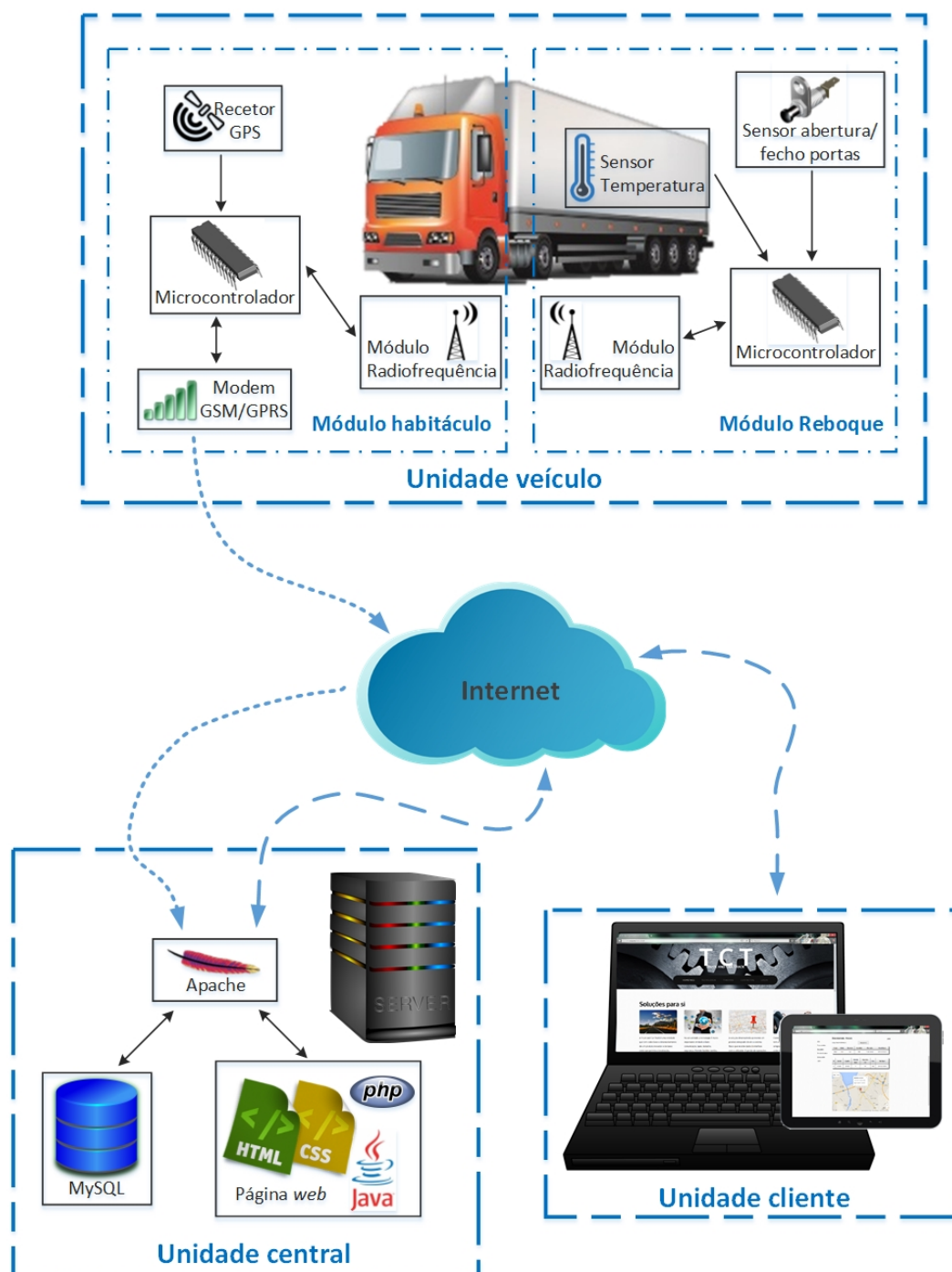
A implementação da “Unidade central” divide-se em duas partes: a base de dados e a página *web*. A base de dados desenvolvida é composta pelas tabelas necessárias para guardar os dados recolhidos na “Unidade veículo” e a página *web* é a interface onde as informações guardadas na base de dados são consultadas.

Na figura 3.2 está representado o *hardware* usado na implementação e as interações entre os diferentes módulos para garantir as funcionalidades do sistema.

- **Módulo reboque:** Este módulo está presente no reboque do veículo e é responsável pela aquisição de informação sobre a mercadoria. O módulo é constituído por um sensor de temperatura para registo das temperaturas no reboque e um sensor de abertura de portas ligados a um microcontrolador. O microcontrolador está encarregue de processar a informação proveniente dos sensores. Existe, também, um módulo de radiofrequência conectado ao microcontrolador que é utilizado para que as informações do “módulo reboque” sejam enviadas para o “módulo habitáculo”.
- **Módulo habitáculo:** No habitáculo do veículo encontra-se este módulo que tem como base um microcontrolador ao qual está ligado um módulo de radiofrequência que permite a comunicação com o “módulo reboque” para a recolha de informação, um recetor GPS para a obtenção da localização do veículo e um *modem*. A localização e a informação recebida por radiofrequência, após ser processada, é enviada para a base de dados através de uma ligação de dados via GPRS estabelecida pelo *modem*.
- **base de dados e página web:** Num servidor da empresa fica alojada a base de dados com as informações que os veículos enviam por GPRS e a página *web*. A base de dados foi desenvolvida em MySQL (*Structured Query Language*). Para a página *web* são utilizadas vários tipos de programação como HTML (*HyperText Markup Language*), PHP (*Hypertext Preprocessor*) para fácil interação com o MySQL, JavaScript na representação de mapas e XML (*eXtensible Markup Language*) para auxílio na introdução de várias informações num mesmo mapa.

3.3 Hardware

O *hardware*, como referido anteriormente, é o conjunto de todos os componentes físicos que permitem a aquisição dos dados nos veículos, o seu envio para a central e o registo destes. A própria central é parte integrante do *hardware* uma vez que é necessário a existência de um computador, onde estão alojadas as bases de dados e a página *web*.

Figura 3.2: Arquitetura do *hardware* utilizado

No veículo, o *hardware* está dividido em dois módulos, o “Módulo reboque” e o “Módulo habitáculo”, que, por sua vez, interagem através de uma comunicação sem fios. Cada módulo consiste numa placa onde estão ligados os diversos componentes. Inicialmente, o sistema foi construído em placas brancas ¹, onde foram conectados os componentes, sendo elaborado o seu esquema elétrico. Partindo deste esquema, os componentes foram dispostos sobre uma placa, em conjunto com as suas ligações, desenhando-se assim a PCB (*Printed Circuit Board*) do sistema. A utilização das placas de circuito impresso (PCB) permite condensar os componentes, reduzindo assim o tamanho dos módulos e simplificando as ligações.

Em seguida, é apresentado o *hardware* utilizado em cada módulo, especificando as suas características e ligações físicas. São também apresentadas as PCB desenvolvidas.

3.3.1 Módulo reboque

O “Módulo reboque”, localizado no atrelado, é o responsável pela aquisição de dados da mercadoria. É constituído por uma PCB na qual estão ligados o microcontrolador PIC18F2520, o sensor de temperatura MCP9700, o *switch* que simula a abertura/fecho das portas e o módulo radiofrequência nRF24L01+.

3.3.1.1 Microcontrolador - PIC18F2520

Um microcontrolador pode ser considerado um mini-computador: consiste, por isso, num circuito integrado, que contém o processador e memórias, e ao qual podem ser ligados periféricos. É um conjunto de *hardware* e *software*, que permite fazer várias tarefas de forma simples, desde que tenham *software* desenvolvido adequado ao *hardware*. As suas aplicações são variadas, destacando-se a automação (supervisão e controlo de periféricos), estando presentes em controlos remotos, brinquedos e diversos aparelhos eletrónicos domésticos. A sua utilização deve-se essencialmente às reduzidas dimensões, baixo custo e baixo consumo energético.

O microcontrolador é responsável pela aquisição e processamento da informação proveniente dos outros componentes, bem como a interação com o módulo de comunicação sem fios, pelo que é o elemento central do sistema. Sendo assim, foi escolhido o microcontrolador PIC18F2520 da Microchip para a implementação no “Módulo reboque”. Na figura 3.3 é possível observar o microcontrolador utilizado, com o respetivo diagrama de pinos. Este microcontrolador está disponível em diversos *packages* (formatos), tendo sido escolhido o *package* SPDIP (representado na figura 3.3), pois a sua disposição dos pinos facilita a implementação na *breadboard* e a montagem manual na PCB.

A familiarização do autor com este microcontrolador e a sua disponibilidade no laboratório de desenvolvimento foram as razões que influenciaram a sua escolha. As interfaces que o PIC18F2520 possui permitem ligar, de forma simples, os diversos periféricos definidos para o projeto. As principais características deste microcontrolador são: [52]

- Baixo custo - este microcontrolador, com este *package*, tem um custo de 3.52 € por unidade, adquirido diretamente na Microchip Direct. A compra de várias unidades permite baixar o custo por unidade.
- Baixo consumo de energia - o microcontrolador pode ser alimentado com uma tensão típica de 2 V a 5.5 V (máxima de 7.5 V) e uma corrente típica de 20 mA (máxima de 250

¹placa branca, *breadboard* ou *protoboard* - é uma placa com furos, que no seu interior tem conexões condutoras, utilizada para a montagem de circuitos elétricos experimentais

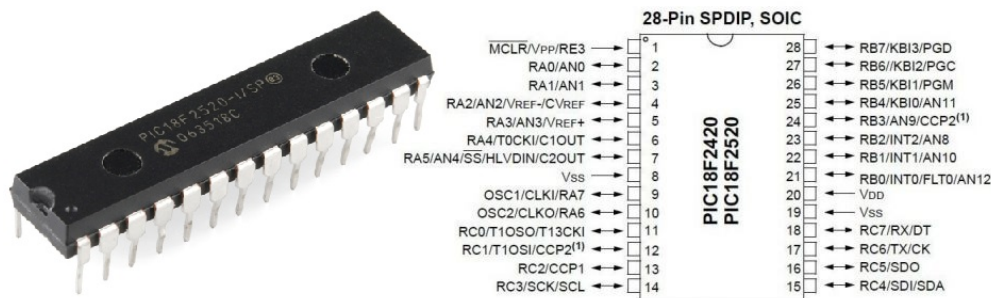


Figura 3.3: PIC18F2520 e diagrama de pinos, *package SPDIP* [51]

mA), pelo que o consumo típico é menor que 0.1 W (máximo de 1.875 W). A possibilidade de entrar em modo *sleep* permite diminuir ainda mais o consumo.

- Temperatura de operação - o PIC18F2520 possui uma gama de temperaturas de operação entre os -40 °C e os +125 °C, o que permite a sua implementação, tanto em reboques “normais”, como em reboques com câmara frigorífica.
- Velocidade de processamento - este microcontrolador possui um oscilador interno, que suporta frequências de 31 kHz a 8 MHz, proporcionando uma alta velocidade de processamento e a dispensa da aquisição de um oscilador externo.
- Memória - no microcontrolador está presente uma EEPROM (Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory) com a capacidade de guardar 256 bytes. A memória RAM (Random Access Memory) tem uma capacidade de 1536 bytes².
- Periféricos - existe uma larga gama de componentes que podem ser ligados a este microcontrolador, através dos seus pinos, com/sem interface dedicada. O PIC18F2520 possui uma interface EUSART (*Enhanced Universal Synchronous / Asynchronous Receiver / Transmitter*), uma interface SPI (*Serial Peripheral Interface*), uma interface I²C (*Inter-Integrated Circuit*), 10 canais de conversão analógico-digital de 10 bits, um *Timer* de 8 bits, três *Timers* de 16 bits e vários pinos digitais.

3.3.1.2 Sensor de temperatura - MCP9700

Uma das informações que é necessário obter do reboque do veículo é a sua temperatura. A temperatura da mercadoria ao longo do seu transporte fornece ao cliente e à transportadora garantias do bom estado da mesma.

Para a aquisição da temperatura é necessário a utilização de um sensor de temperatura, ligado ao microcontrolador. Foi utilizado um sensor de temperatura do tipo termístor, o MCP9700 da Microchip, cuja voltagem de saída é diretamente proporcional à temperatura medida [53].

O MCP9700, representado na figura 3.4, é um sensor de temperatura cujas principais características são: [54]

- Baixo custo - um MCP9700 custa 0.22 € na Microchip Direct

²A EEPROM é uma memória não volátil, em que os dados gravados nela não são apagados ao ser retirada a alimentação. Na RAM os dados são perdidos.

- Baixo consumo - a tensão de alimentação admissível é de 2.3 V a 5.5 V, com uma corrente típica de 6 μA (máxima de 12 μA), o que implica um consumo típico de 0.033 mW (máximo de 0.066 mW).
- Reduzido tamanho - este sensor está disponível em diversos *packages*, todos eles de pequenas dimensões. O *package* escolhido foi o TO-92, representado na figura 3.4, pois facilita a sua implementação na *breadboard* e na PCB.
- Gama de temperaturas - o sensor permite a medição de temperaturas entre -40 °C e +150 °C, permitindo a sua utilização em reboques “normais” e em reboques com câmara frigorífica.
- Precisão - ± 4 °C típicos na medição das temperaturas, não é um valor com muita exatidão mas aceitável, dependendo da aplicação, e pode ser melhorado até ± 2 °C.
- Acondicionamento de sinal - o MCP9700 não necessita de equipamento eletrónico adicional para o acondicionamento do sinal, contudo é aconselhado inserir um condensador na tensão de saída (sinal com a temperatura) e na entrada de alimentação.

Este sensor de temperatura é de fácil implementação e utilização, estando representado na figura 3.4 o circuito de implementação do mesmo. As conexões necessárias foram: a ligação do pino V_{DD} a +5 V, o pino GND aos 0 V e ligar o V_{OUT} a uma canal de conversão analógica-digital do microcontrolador, ANi. Na entrada da alimentação, V_{DD} , foi adicionado um condensador de 100 pF, e na saída, V_{OUT} , um condensador de 0.1 μF , condensadores estes que permitem obter as temperaturas com maior exatidão. A precisão do MCP9700 depende da gama de temperaturas que está a medir, sendo possível obter as temperaturas com um erro menor que ± 2 °C, como se pode observar na figura 3.5. O sensor é calibrado para ter uma tensão de saída de 500 mV a 0 °C, com uma sensibilidade de 10 mV/°C, o que permite ter um erro aproximado de zero na medição de temperaturas perto de 0 °C [54].

O V_{OUT} do MCP9700 liga à entrada AN0 (canal zero do microcontrolador, preparado para a conversão analógica-digital), que corresponde ao pino RA0 do PIC18F2520, enviando para esta valores de tensão que são traduzidos, pelo microcontrolador, em temperatura. A conversão tem por base a conjunção das características do microcontrolador e do sensor de temperatura, das quais é necessário realçar os canais de conversão analógico-digital de 10 bits, do microcontrolador, a referência de 500 mV a 0 °C e a sensibilidade de 10 mV/°C, do sensor.

Uma vez que a alimentação do PIC18F2520 é efetuada com uma tensão de +5 V, essa será a tensão de referência para o canal analógico. Os 10 bits dos canais de conversão indicam a resolução do mesmo, e correspondem a 1024 valores (“degraus”, *steps* em inglês). Ao ser lido pelo canal de conversão analógica-digital do microcontrolador, o valor do V_{OUT} do sensor é traduzido em *steps*, entre 0 e 1023 (1024 *steps*). É necessário, assim, saber a que tensão equivale cada *step*. Com a referência dos 5 V, distribuídos por 1024, podemos calcular:

$$V_{step} = \frac{5}{1024} = 4.883 \times 10^{-3} \quad [\text{V/step}] \quad (3.1)$$

De seguida, é calculado o valor numérico da tensão que está a chegar ao AN0, multiplicando o número de *steps* preenchidos pelo valor de cada *step*:

$$V_{AN0} = steps \times V_{step} = steps \times 4.883 \times 10^{-3} \quad [\text{V}] \quad (3.2)$$

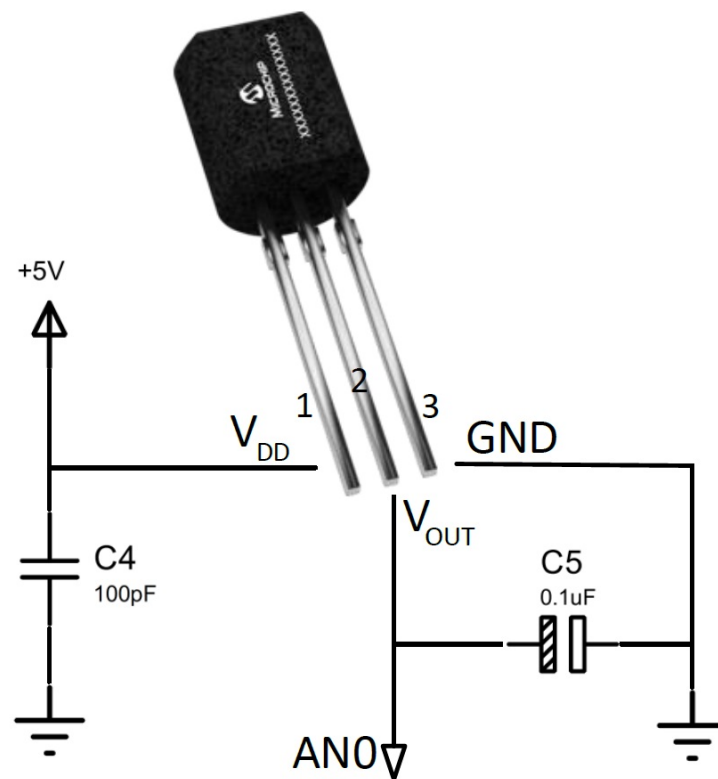


Figura 3.4: MCP9700, *package TO-92*, e seu circuito [54]

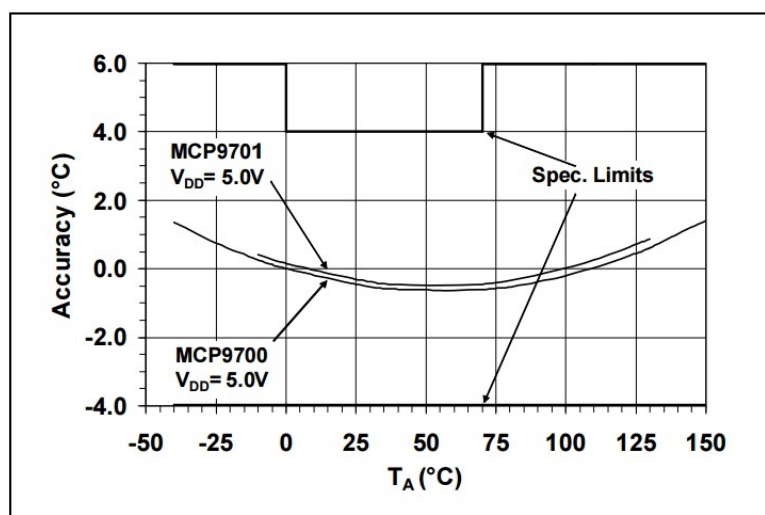


Figura 3.5: Precisão do sensor MCP9700 [54]

O passo seguinte é calibrar o sensor relativamente aos 0 °C, isto é, a 0 °C a tensão de saída do sensor é $V_{OUT} = V_{zero} = 500 \text{ mV}$ (0.5 V), sendo necessário subtrair esta tensão ao valor lido no AN0, V_{AN0} :

$$V_{Temp} = V_{AN0} - V_{zero} = V_{AN0} - 0.5 \quad [\text{V}] \quad (3.3)$$

Por fim, sabendo que a sensibilidade do MCP9700 é de 10 mV/°C (0.01 V/°C), podemos calcular facilmente a temperatura dividindo a tensão V_{Temp} por este valor:

$$Temperatura = \frac{V_{temp}}{0.01} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.4)$$

A partir dos cálculos apresentados, que são efetuados facilmente pelo microcontrolador, é possível obter, instantaneamente, a temperatura lida pelo sensor. A leitura das temperaturas negativas está salvaguardada na subtração da equação (3.3), uma vez que, como neste sensor o valor da tensão de saída é proporcional à temperatura, os valores de temperatura inferiores a 0 °C representaram uma tensão de saída inferior à referência de 0 °C, 500 mV, pelo que a subtração irá traduzir-se num número negativo.

Para facilitar o entendimento dos valores de tensão obtidos pelo MCP9700 e convertidos pelo PIC18F2520, são apresentados no Anexo A dois exemplos no cálculo da temperatura.

3.3.1.3 Abertura/Fecho das portas

No transporte de mercadorias perecíveis é importante manter as condições ideais de transporte, como por exemplo a temperatura. Se a temperatura se alterar, poderá danificar a mercadoria, pelo que é importante perceber a que se deveu variação da temperatura. Numa máquina frigorífica (vulgarmente conhecido por frigorífico) quando a porta é aberta, grandes quantidades de ar exterior, a temperatura mais elevada, entram para o frigorífico, cujo interior está a uma temperatura inferior, provocando o aquecimento do interior deste, e consequente aquecimento dos produtos que lá se encontram. Se a porta não for aberta, a temperatura no interior mantém-se quase constante.

Assim, é importante existir um mecanismo de monitorização do estado das portas da máquina frigorífica, de forma a poder verificar se a variação de temperatura se deveu a uma abertura da porta, caso contrário poderá existir uma avaria na máquina frigorífica, possibilitando uma rápida intervenção.

Existem vários tipos de sensores que podem ser aplicados na deteção da abertura/fecho de portas, sendo que os mais usuais são os magnéticos e os mecânicos.

O sensor magnético, representado na figura 3.6 à esquerda, funciona tendo por base o contacto elétrico e um íman, sendo o íman responsável por manter os contactos acionados. Se os contactos forem afastados, o sinal da saída é alterado e pode ser acionado o sinal de alarme. Quando a deteção de um movimento, posição ou presença, é efetuada recorrendo à utilizando de recursos mecânicos, o sensor é chamado de mecânico. Nestes sensores a alteração do estado é determinada pelo acionamento de, por exemplo, um *switch* (interruptor), que altera o sinal de saída. Na figura 3.6, à direita, está representado um exemplo de um sensor mecânico com um *switch*.

No sistema desenvolvido, foi utilizado um interruptor com botão de pressão para simular a abertura/fecho da porta. Na figura 3.7 está representado o circuito que permite a simulação da abertura/fecho de portas, acompanhado da imagem do *switch* utilizado. Foi escolhido um *latch switch* (interruptor não momentâneo) para a simulação, uma vez que este necessita de ser pressionado para mudar o seu estado, e fica nesse estado até ser novamente pressionado. Isto é uma

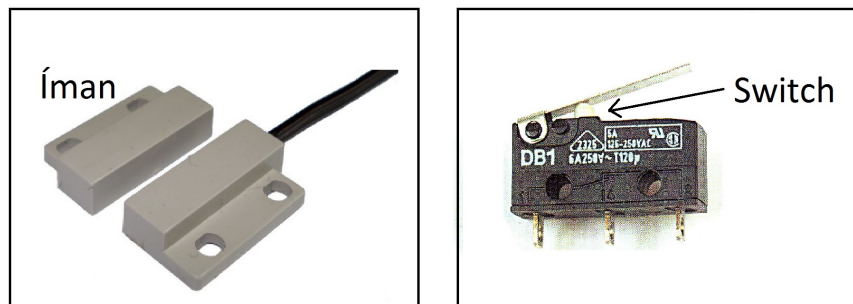


Figura 3.6: Exemplos de sensor magnético, à esquerda, e sensor mecânico, à direita [55, 56]

vantagem na simulação, dispensando mecanismos adicionais para manter o *switch* pressionado, como acontece no caso dos sensores mecânicos das portas, que ao fecharem mantêm premido o *switch* instalado.

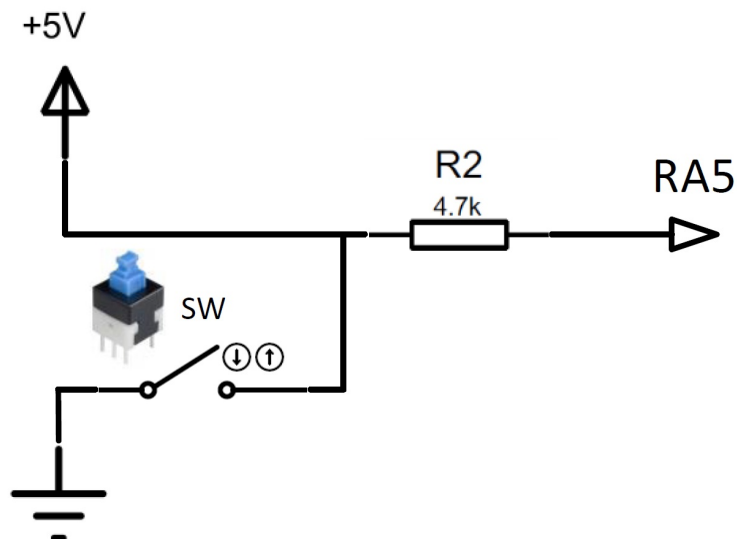


Figura 3.7: Circuito de simulação de abertura/fecho de portas

Neste circuito, quando o SW está aberto, o pino RA5 tem uma tensão na sua entrada de 5 V. O PIC18F2520 deteta essa tensão e interpreta como *porta fechada*. Se o *switch* for pressionado, o circuito do SW é fechado e a tensão no pino RA5 passa a ser de 0 V, o que é interpretado pelo microcontrolador como *porta aberta*. O SW mantém este estado até o *switch* ser novamente pressionado.

3.3.1.4 Módulo de radiofrequência - nRF24L01+

Como já foi referido, os dados obtidos na “Unidade reboque” são enviados para a “Unidade habitáculo” sem cablagem. A comunicação sem fios é feita com o recurso a módulos de radiofrequência ³.

³Módulos, no plural, pois a comunicação é efetuada entre um emissor e um recetor, isto é, são necessários dois módulos para estabelecer uma comunicação.

Foi escolhido o *transceiver* nRF24L01+ da *Nordic Semiconductor*. Este módulo fornece ao sistema uma comunicação rápida e fiável, utilizando a simples troca de mensagens de estrutura própria dos mesmos, além de ter uma gama de temperaturas de operação entre -40°C e $+80^{\circ}\text{C}$, permitindo assim, a sua utilização em aplicações de frio. Na figura 3.8 encontra-se ilustrado o módulo, bem como as ligações do mesmo ao PIC18F2520 [50].

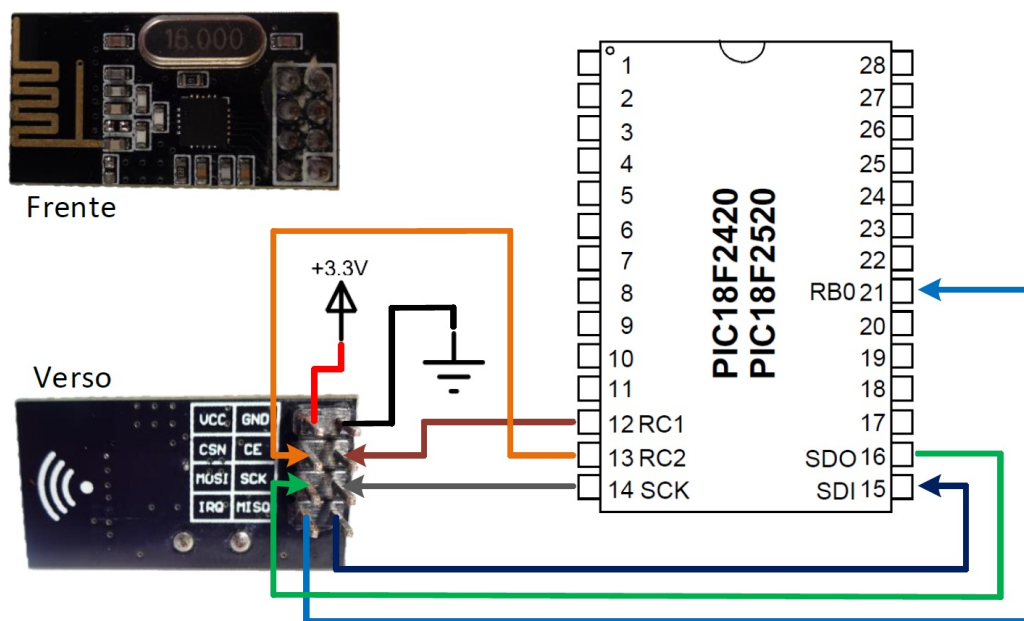


Figura 3.8: Circuito de ligação do nRF24L01+ ao PIC18F2520

O módulo de radiofrequência nRF24L01+ está preparado para comunicar com o microcontrolador através da interface SPI (*Serial Peripheral Interface*). Para esta comunicação é necessária a ligação de vários pinos: o nRF24L01+ tem 8 pinos, sendo que 2 são de alimentação e os outros 6 para ligar ao microcontrolador.

O PIC18F2520, quando comunica com o nRF24L01+ através da interface SPI, necessita, em primeiro lugar, de habilitar o *CS* (*chip select*) do módulo. Para isto, o microcontrolador tem de ativar uma porta de saída digital ⁴, neste caso o RC2 (pino 13), colocando-o a 1 ($CS=1$). O CS só deve voltar a 0 durante a transferência de dados, estando o microcontrolador, pelo RC2, responsável por esta gestão.

O pino *CE* (*chip enable*) do módulo também necessita de ser ativado ou, dependendo da configuração, desativado. O RC1 (pino 12) do microcontrolador é o responsável pela gestão do estado deste pino. A alteração do valor do *CE* permite alternar o módulo entre o modo de receção ($CE=0$) e o modo de transmissão ($CE=1$).

A transmissão dos dados é efetuada através do *SDI* (*SPI data in*) e do *SDO* (*SPI data out*), existentes no microcontrolador e no módulo. O *SDO* (*MISO* na figura 3.8) do módulo liga ao *SDI* (pino 15) do microcontrolador, e é responsável pelo envio dos dados do módulo para o microcontrolador. O envio dos dados em sentido inverso é efetuado através da ligação do *SDO* (pino 16) do microcontrolador ao pino *SDI* (*MOSI* na figura 3.8) do módulo.

É igualmente necessário ligar os pinos de relógio, denominados *SCK* (*Synchronous serial*

⁴Saída digital - apenas possui dois estados (valores) possíveis: ativado ou desativado (0 ou 1, respetivamente)

clock input/output for SPI mode), do microcontrolador e do módulo. Para isso basta ligar o *SCK* do módulo ao *SCK* (pino 14) do microcontrolador. A alimentação também é necessária, e respeitando as características do módulo de radiofrequência, apresentadas em 2.4.5, o *VCC* é ligado ao +3.3 V e o *GND* a 0 V.

A robustez da transmissão dos dados através deste módulo é garantida pela presença de um pino de saída intitulado *IRQ (Maskable interrupt pin)*. O *IRQ* está ligado ao microcontrolador, no seu *RBO* (pino 21), e é utilizado para a criação de uma interrupção externa do microcontrolador sempre que ocorra uma ocorrência, como por exemplo a confirmação do envio ou receção de dados e o máximo de retransmissões atingidas.

Outra característica deste módulo é o facto do mesmo realizar a construção automática da mensagem a enviar, de formato próprio denominado *Enhanced ShockBurst*. A figura 3.9 apresenta o formato da mensagem. O *Address* constitui o endereço do recetor, garantindo que a mensagem é entregue ao módulo pretendido. O *Packet Control Field* contém a informação sobre o comprimento do *Payload*, até um máximo de 32 bytes. O *Payload* corresponde ao campo onde os dados que se pretendem transmitir (Temperatura e estado da porta) são inseridos. A deteção de erros na mensagem é assegurada pelo cálculo do *CRC (Cyclic Redundancy Check)*, calculado no transmissor e recetor utilizando o *Address*, *Packet Control Field* e *Payload*, e comparando o valor recebido na mensagem com o calculado.

Preamble 1 byte	Address 3-5 byte	Packet Control Field 9 bit	Payload 0 - 32 byte	CRC 1-2 byte
-----------------	------------------	----------------------------	---------------------	--------------

Figura 3.9: Estrutura das mensagens trocadas entre módulos nRF24L01+

É utilizado um mecanismo de transmissão de dados de “*master-slave*”. Neste sistema, o “*master*” está presente no “Módulo habitáculo”, sendo que no “Módulo reboque” está o “*slave*”. Assim, o “*slave*” apenas responde a pedidos realizados pelo “*master*”, entrando em estado *idle* até ser efetuado um novo pedido, minimizando assim os consumos de energia do “Módulo reboque”.

3.3.1.5 Placa de circuito impresso - PCB

Para acondicionar o sistema e as suas ligações foram desenhadas placas de circuito impresso, PCB. Estas PCB permitem a obtenção de um sistema sem cabos, uma vez que as ligações entre os componentes estão impressas na própria placa. Para a criação das PCB, vários aspetos tiveram de ser considerados, sendo este subcapítulo destinado à explicação dos mesmos.

Dimensão

O primeiro cuidado que foi tido em conta no desenho das PCB foi o seu tamanho. A placa deve ser o menor possível, tendo que ter tamanho suficiente para acomodar todos os componentes. É igualmente desejável deixar alguns pinos livres, para que seja possível a ligação de mais sensores, ou outros componentes, requisitados pela natureza das aplicações.

Uma vez que o PIC18F2520, em *package SPDIP*, tem um comprimento de 35 mm, e é necessário incluir os outros componentes, foi considerada uma PCB de 50 mm x 50 mm. A escolha de uma placa deste tamanho também foi influenciada por esta ser uma medida *standard* de PCB na empresa onde foram criadas.

Alimentação

Conhecendo os componentes do “Módulo Reboque” e a que tipo de aplicações se destina, é necessário prestar atenção às tensões características de funcionamento de cada componente. O PIC18F2520 pode ser utilizado em tensões entre 2 V e 5.5 V, o MCP9700 entre 2.3 V e 5.5 V, e o nRF24L01+ com tensões entre 1.9 V e 3.6 V. Existe, assim, um nível de tensão em torno dos 3 V a que todos os componentes funcionam.

De outro lado, está a aplicação a que se destina o sistema: os veículos. A tensão característica dos veículos é de 12 V, podendo ser de 24 V em veículos pesados. O ideal do sistema é ser alimentado pelo veículo, tendo assim uma fonte inesgotável, enquanto o veículo estiver a funcionar corretamente, pelo que é necessário reduzir estas tensões para as suportadas pelos componentes.

As tensões padrão de uma fonte de alimentação, por exemplo de computador, são de 12 V, 5 V e 3.3 V. Após pesquisa por reguladores de tensão, preferencialmente disponíveis no laboratório, foi escolhido dividir a regulação em dois níveis: 3.3 V e 5 V. O nível de tensão de 3.3 V serve exclusivamente para a alimentação do nRF24L01+. Os restantes componentes são alimentados a uma tensão de 5 V, aproveitando o facto de a regulação de tensão ser efetuada a dois níveis.

Para conseguir uma tensão de 5 V foi escolhido o regulador de tensão LM7805 da *Fairchild*. As características a realçar são: uma tensão de saída de 5 V com corrente até 1 A, uma tensão de entrada variável de 7 V a 35 V, temperatura de funcionamento entre -40°C e $+125^{\circ}\text{C}$ e ser disponibilizado em *package TO-220* de 3 pinos, que facilita a sua montagem manual nas PCB. Este regulador de tensão está representado na figura 3.10, juntamente com o circuito de implementação, que engloba a adição de condensadores, $1\ \mu\text{F}$ na entrada V_I e $0.1\ \mu\text{F}$ na saída V_O , sugeridos pelo fabricante para evitar possíveis oscilações [57].

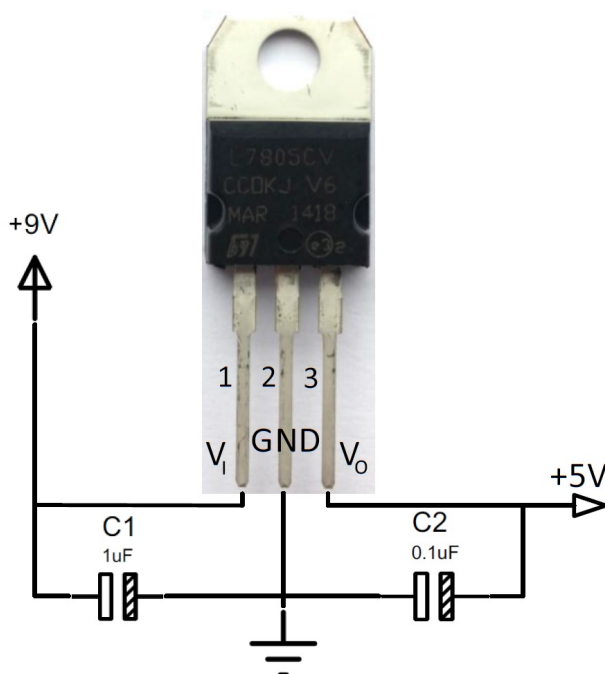


Figura 3.10: Circuito de implementação do LM7805, *package TO-220*

A característica importante deste regulador é o facto de ter uma larga gama de tensão de

entrada, V_I , que permite a aplicação do sistema em veículos com tensões de 12 V e 24 V. É possível, também, a utilização de uma pilha de 9 V, ou outra fonte de energia, desde que esteja entre o mínimo e máximo suportado. É necessário, porém, ter em atenção o superaquecimento quando a diferença entre a tensão de entrada e de saída é elevada, ou quando o consumo é elevado, podendo ser necessário a utilização de um *cooler*⁵ para a dissipação do calor.

Para garantir a alimentação do nRF24L01+ a 3.3 V é necessário utilizar outro regulador de tensão. Foi escolhido o TC1263 da Microchip, regulador que permite obter a tensão pretendida a partir dos 5 V e que está disponível no laboratório. As principais características deste regulador são: uma tensão de saída de 3.3 V com corrente até 0.5 A, uma tensão de entrada variável de 2.7 V a 6 V (contudo, para obter uma tensão de saída de 3.3 V é necessário, no mínimo, 4.3 V na entrada), temperatura de funcionamento entre -40 °C e +125 °C e ser disponibilizado em *package TO-220* de 5 pinos. A figura 3.11 apresenta este regulador de tensão, bem como o circuito de implementação do mesmo [58].

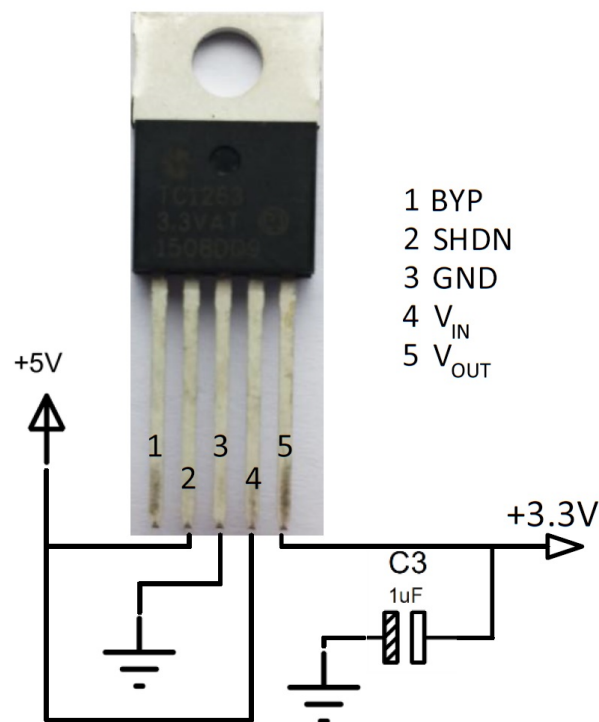


Figura 3.11: Circuito de implementação do TC1263, *package TO-220*

Seguindo as recomendações do fabricante, o pino 1 *BYP* (*Bypass*) pode ser ligado a um condensador, com vista à redução de ruído, mas em aplicações típicas não é utilizado. O pino 3 *GND* é a referência aos 0 V, enquanto que o V_{IN} é a alimentação a +5 V. O pino 2 *SHDN* (*Shutdown Control*) pode ter dois valores: se ligado aos 5 V, o regulador de tensão está ativo, mas se for ligado aos 0 V o regulador desliga-se. Para a aplicação, foi decidido manter o regulador sempre ativo, e, assim, ligar o *SHDN* aos 5 V. A tensão regulada a 3.3 V está disponível no pino 5, o V_{OUT} . É introduzido um condensador de 1 μ F, sugerido pelo fabricante [58].

⁵*Cooler* - sistema de arrefecimento usado em componentes eletrónicos, cujo objetivo é evitar o superaquecimento destes pelo calor gerado no seu funcionamento

Ligações elétricas

A construção de uma PCB permite simplificar o sistema, tornando-o mais adequado para a apresentação. A integração das ligações na placa evitam uma eventual falha do sistema devido à desconexão de cabos ou mau contacto entre cabos e pinos.

Após a resolução do problema da alimentação, foi necessário realizar um esquema elétrico onde estivessem presentes todos os componentes e as ligações entre si. Foi escolhido o *software Proteus 8*⁶, ambiente *ISIS*, da *Labcenter Electronics* [59] para o desenho do esquema elétrico, uma vez que, integrando o *Proteus* no programa de desenvolvimento de *software*, este permite a simulação do *software* em ambiente virtual.

O *Proteus 8* tem uma vasta lista de componentes na sua biblioteca, contudo não possui todos. O nRF24L01+ é um caso de um componente que não se encontra na biblioteca, mas está representado no circuito através da presença dos seus pinos. Por definição, os pinos de alimentação de todos os componentes são ocultados no desenho de circuitos no *ISIS*, contudo, para facilitar a compreensão das ligações, principalmente dos reguladores de tensão, os componentes foram editados para serem visíveis os pinos de alimentação. É igualmente necessário especificar o *package* pretendido de cada componente, uma vez que existem componentes utilizados que são disponibilizados em diferentes versões de *packages*. Na figura B.1, Anexo B, está representado o circuito elétrico desenhado para o “Módulo reboque”, com todos os componentes e ligações físicas necessárias entre estes.

PCB

Uma das vantagens da utilização do *Proteus 8* é o facto de, num mesmo *software*, ser desenhado o circuito elétrico, poder ser utilizado em simulação e poder desenhar a PCB. A construção da PCB é facilitada pelo facto de o *software* recordar as ligações efetuadas no desenho do circuito elétrico.

Assim, uma vez efetuado o desenho do circuito em ambiente *ISIS*, é iniciado o ambiente *Ares*, o ambiente destinado ao desenho de placas de circuito impresso. O primeiro passo é a definição do tamanho da PCB, necessária para a distribuição dos componentes. De seguida, os componentes são distribuídos na área disponível, sendo necessário ter atenção à sua localização para facilitar as ligações. No ambiente *Ares*, quando os componentes são dispostos sobre a placa, automaticamente são criadas linhas retas entre os componentes, respeitando as ligações criadas no ambiente *ISIS*.

Uma característica típica na criação de PCB, e que permite facilitar as ligações, é a atribuição do *ground* (0 V) a toda a área da placa, exceto nas ligações entre componentes. Esta característica facilita o desenho visto que todas as ligações dos componentes a 0 V estão automaticamente construídas. No *Ares* esta definição está disponível e foi optado a sua utilização.

A disposição dos pinos do nRF24L01+ e do PIC18F2520 demonstrou que as ligações entre estes, no mesmo plano, não seriam fáceis. Optou-se assim pela utilização de duas *layers* (camadas), distribuindo as ligações dos componentes pela parte inferior e parte superior da placa, possibilitando assim um melhor acondicionamento dos componentes e das suas ligações.

Por fim, o programa dispõe de uma opção de *auto-router*, que consiste na criação automática das “estradas” entre os componentes, respeitando as ligações estabelecidas. Esta opção procura atribuir os melhores caminhos, através de iterações, e seguir as regras de construção, como por

⁶Proteus é um pacote de *software*, da *Labcenter Electronics*, que agrega o ambiente de simulação de circuitos eletrónicos *ISIS* e o programa para desenho de circuito impresso *Ares*.

exemplo a ausência de cantos retos. Contudo, o desenho automático não é completamente fiável, tendo sido feita uma análise de todas as ligações que culminaram com a eliminação e posterior criação manual de algumas ligações. Foram adicionadas inscrições na placa que facilitam a identificação dos diversos pinos, assim como a identificação do autor e da instituição.

Estando concluído o desenho da PCB, foram criados os ficheiros em formato *Gerber*, um formato padrão usado na criação de placas de circuito impresso. Estes ficheiros foram enviados à *Elecrow* [60], empresa internacional que fabrica PCB, com o pedido de impressão de 10 exemplares.

A figura 3.12 apresenta uma PCB construída antes da montagem dos componentes: à esquerda é apresentada a vista de cima da placa (*top layer*) e à direita a vista de baixo (*bottom layer*). Na vista de cima estão representados os componentes em projeção 2D, assim como inscrições desenhadas.

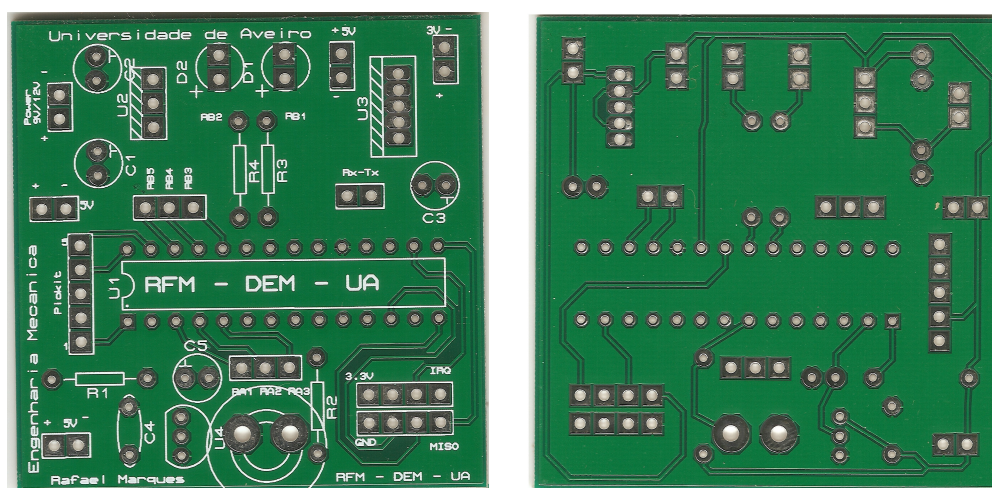


Figura 3.12: Fotografias da PCB construída: *top layer*, à esquerda, e *bottom layer*, à direita

No Anexo C é possível ver o desenho das duas *layers* da PCB, assim como uma perspetiva 3D do desenho da placa com os componentes.

Com as PCB construídas, foi necessário proceder à montagem dos componentes. Esta podia ter sido requisitada à *Elecrow*, que tem maquinaria para o efeito, mas era necessário enviar os componentes para a empresa, envolvendo logística e muito tempo de espera. Por outro lado, numa primeira fase apenas seria estritamente necessário obter um protótipo funcional, pelo que a montagem manual tornou-se viável.

Assim sendo, o autor procedeu à montagem dos componentes, soldando os mesmos à placa, tarefa dificultada pelo pequeno diâmetro dos furos, mas que, com a ajuda de fluxo para solda sem chumbo, foi concluída com sucesso. Na figura 3.13 está representada a PCB com os componentes soldados. Pela imagem é possível ter uma perceção da pequena dimensão da mesma, bem como dos componentes utilizados.

A figura 3.14 apresenta a PCB com a identificação dos vários componentes descritos anteriormente. Na parte de cima estão localizados os reguladores de tensão (LM7805 e TC1263), com os respetivos condensadores. Em baixo, está localizado o sensor de temperatura e seus condensadores (MCP9700), os pinos onde é ligado o *Switch* de abertura das portas e o módulo de radiofrequência nRF24L01+. No centro, por ser quem controla os componentes e processa a informação, encontra-se o microcontrolador PIC18F2520.

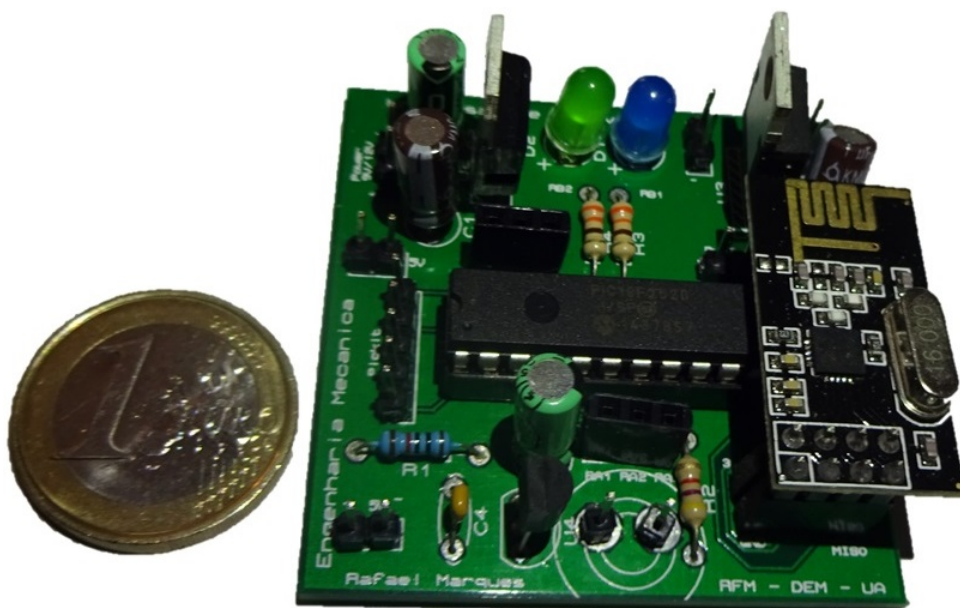


Figura 3.13: Fotografia da PCB, depois da assemblagem manual dos componentes

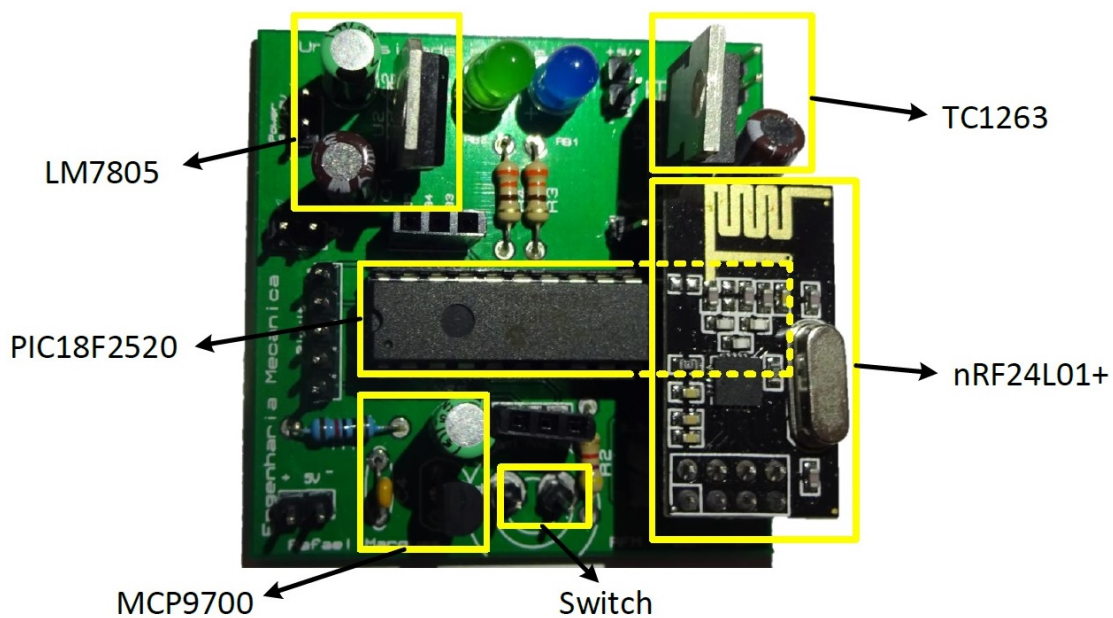


Figura 3.14: Fotografia da PCB com a identificação dos componentes

Box

A aplicação da PCB em veículos é possível, mas os componentes são frágeis, pelo que é recomendado a utilização da mesma dentro de uma caixa (*box*). Uma *box*, se adequada à PCB, permite a fácil incorporação desta e garante a proteção aos componentes do sistema.

Para o efeito da incorporação da PCB foi decido a criação de uma *box*, adequada à mesma. Sabendo as medidas da placa de circuito impresso, incluindo a sua altura após a assemblagem, foi desenhada com recurso ao *software* de CAD (*Computer-Aided Design*) *SolidWorks* uma *box* para o sistema. Nessa *box*, foi construído um compartimento destinado ao alojamento de uma pilha de 9 V, para o caso de alimentação do sistema ter de ser efetuado recorrendo a esta fonte de energia. O desenho desenvolvido encontra-se no Anexo D, com a apresentação da vista explodida na figura D.1, e na figura D.2 o desenho de definição, em 2D, onde se pode obter as dimensões globais do “Módulo reboque”.

Após a obtenção do desenho, este foi enviado para a construção à *PFF - Print For Friends* [61], serviço de impressão 3D prestado por um colega de curso do autor. A *box* está representada na figura 3.15, e conta com a pilha e a PCB no seu interior; com a identificação, do autor e da instituição, na tampa; e com aberturas na tampa, que permitem a circulação de ar.



Figura 3.15: Fotografia da *box*, obtida por impressão 3D, com a PCB e a pilha no seu interior

3.3.2 Módulo habitáculo

O “Módulo habitáculo” está localizado junto do condutor, no habitáculo do veículo. Este é responsável por adquirir a posição do veículo e os dados provenientes do “Módulo reboque”, e enviá-los para a “Unidade central”.

Este módulo é constituído por uma PCB na qual estão ligados o recetor de GPS NEO-6M, o *modem* SIM900, o módulo de radiofrequência nRF24L01+ e o microcontrolador PIC18F45K22.

3.3.2.1 Microcontrolador - PIC18F45K22

O microcontrolador escolhido para o “módulo habitáculo” foi o PIC18F45K22 da Microchip. Na figura 3.16 é apresentado o microcontrolador utilizado, com o respetivo diagrama de pinos. De entre os diversos *packages* disponíveis, foi escolhido o *PDIP*, ilustrado na figura 3.16, uma vez que este formato facilita a sua montagem na PCB.

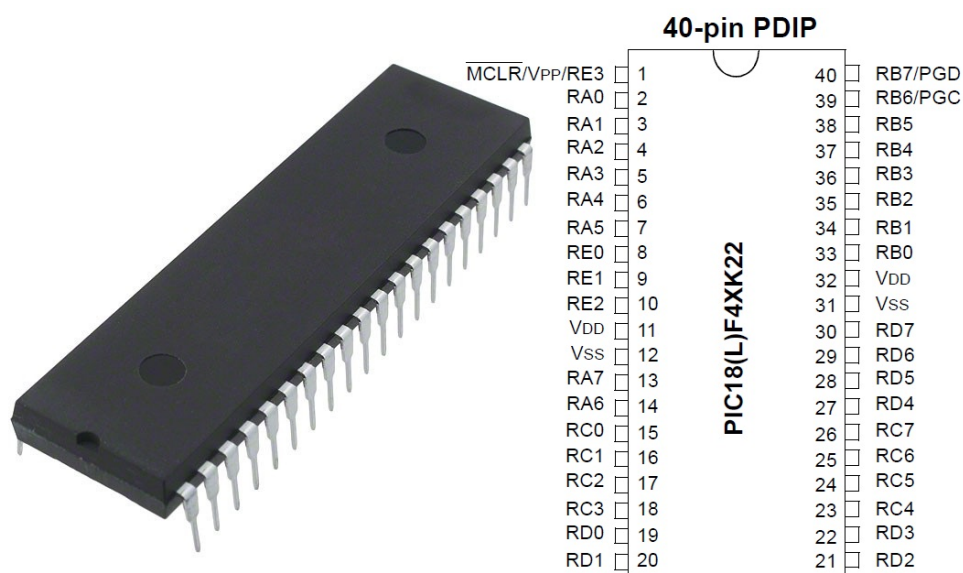


Figura 3.16: PIC18F45K22 e diagrama de pinos, *package PDIP* [62]

A escolha deste microcontrolador baseou-se na sua disponibilidade no laboratório, a familiarização do autor com o mesmo, a necessidade de um microcontrolador com grande capacidade de processamento e de duas interfaces *EUSART*, para a ligação dos periféricos definidos para o projeto. As principais características do PIC18F45K22 são: [63]

- Baixo custo - o PIC18F45K22, em *package PDIP*, tem um custo de 2.69 € na Microchip Direct. O preço pode ser menor se forem adquiridos várias unidades.
- Baixo consumo de energia - a alimentação do microcontrolador pode ser feita com tensões típicas entre 2.3 V e 5.5 V (máximo de 6.5 V) e uma corrente típica de 20 mA (máxima de 200 mA), o que se traduz num consumo típico menor que 0.1 W (máximo de 1.3 W). A possibilidade de entrar em modo *sleep* permite diminuir, ainda mais, o consumo.
- Temperatura de operação - este microcontrolador possui uma gama de temperaturas de operação entre os -40 °C e +125 °C.

- Velocidade de processamento - este microcontrolador possui um oscilador interno, que suporta frequências entre 31 kHz e 16 MHz, com a possibilidade de utilizar um multiplicador até 64 MHz, proporcionando uma alta velocidade de processamento e a dispensa da aquisição de um oscilador externo.
- Memória - o microcontrolador possui uma EEPROM com a capacidade de 256 *bytes*. A memória RAM tem uma capacidade de 1536 *bytes*.
- Periféricos - O PIC18F2520 possui duas interfaces EUSART, duas interfaces SPI, duas interface I²C, 28 canais de conversão analógico-digital de 10 bits, três *Timers* de 8 bits e quatro *Timers* de 16 bits e vários pinos digitais. Estas interfaces, assim como os restantes pinos analógicos e digitais, permitem a ligação de uma vasta gama de periféricos ao PIC18F45K22 ⁷.

3.3.2.2 Módulo de radiofrequência - nRF24L01+

Como definido, a comunicação entre o “Módulo reboque” e o “Módulo habitáculo” é efetuada através da utilização de módulos de radiofrequência nRF24L01+. Para a comunicação são necessários dois módulos nRF24L01+: um instalado no “Módulo reboque”, como explicado em 3.3.1.4, e o outro no “Módulo habitáculo”.

A figura 3.17 apresenta as ligações existentes entre o nRF24L01+ e o PIC18F45K22. É utilizada a interface SPI para a comunicação entre o módulo e o microcontrolador, como evidenciado no “Módulo reboque”. Contudo, existe uma pequena diferença: o PIC18F45K22 tem duas interfaces SPI, identificadas pelo número, *SPI1* e *SPI2*, e os pinos são igualmente identificados pelo nome, mais o número. Para o sistema, foi escolhido ligar o módulo de radiofrequência à interface *SPI1*.

Foi definido que o pino *CS* (*chip select*) do módulo liga ao *RC2* (pino 17). Esta saída digital do microcontrolador deverá ter um valor lógico de 1 (*CS=1*), exceto quando existe transferência de dados, momento em que o valor tem de ser 0 (*CS=0*). O pino *CE* (*chip enable*) liga ao *RC1* (pino 16) do microcontrolador, responsável pela alteração do valor do *CE* entre 0 e 1, respetivamente modo de receção (*CE=0*) e modo de transmissão (*CE=1*).

Uma vez escolhida a interface *SPI1*, fica definido que o pino de relógio *SCK* (*Synchronous serial clock input/output for SPI mode*) do módulo liga ao pino de relógio *SCK1* (pino 19) do microcontrolador. O *SDO* (*SPI data out*) do nRF24L01+ (*MISO*) é ligado ao *SDI1* (pino 23) do PIC18F45K22 e é responsável pelo envio dos dados do módulo para o microcontrolador. A ligação do *SDI* (*SPI data in*) do módulo (*MOSI*) ao *SDO1* (pino 24) do microcontrolador permite efetuar o envio dos dados em sentido inverso.

Por fim, o pino *IRQ* (*Maskable interrupt pin*) do nRF24L01+ é ligado ao *RB0* (pino 33) do microcontrolador, sendo responsável pela criação de interrupções externas. No mecanismo de transmissão “*master-slave*”, o nRF24L01+ localizado no “Módulo habitáculo” é o *master*. Para o PIC18F45K22 obter dados da mercadoria, envia uma mensagem para o nRF24L01+ *master*, e este transmite-a por radiofrequência. O nRF24L01+ *slave*, com o endereço especificado, recebe a mensagem e, de forma automática, cria uma interrupção no seu *IRQ*, e consequentemente

⁷UART, USART e EUSART - três variantes, da mais simples para a mais completa. A primeira é denominada *Universal asynchronous receiver/transmitter* e é considerada a interface base; a segunda permite comunicações síncronas, com o recurso a um sinal de relógio, e é denominada *Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter*; a *Enhanced-USART*, como o nome indica, é uma versão melhorada, que permite a deteção automática do *baudrate* e a saída do modo *sleep* automaticamente. As versões mais complexas são compatíveis com as anteriores.

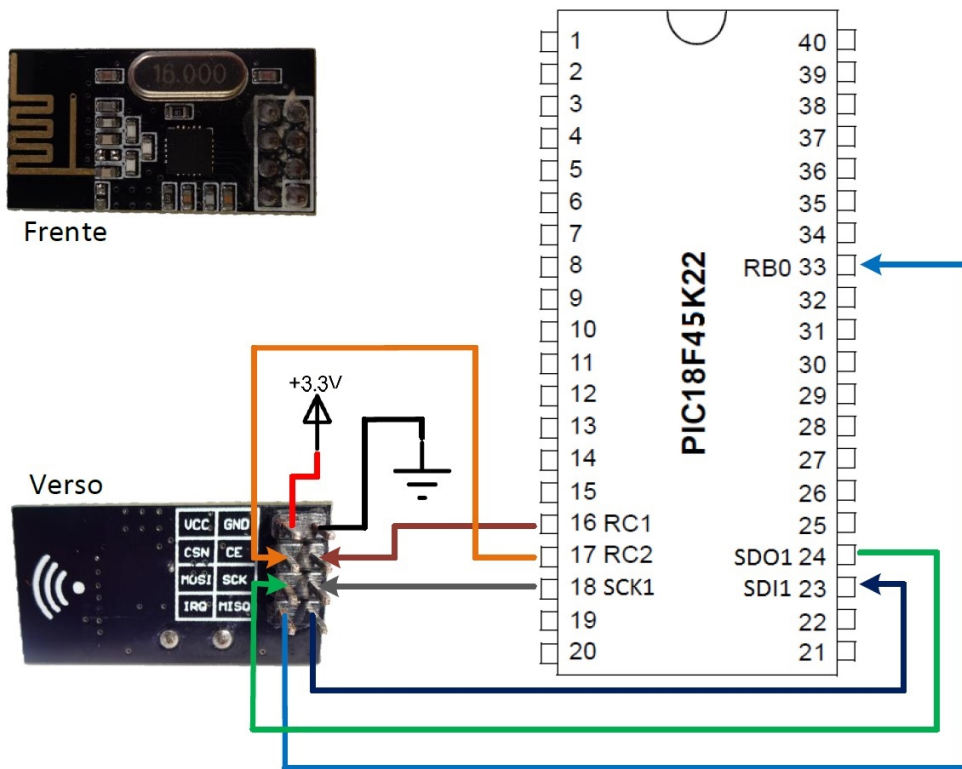


Figura 3.17: Circuito de ligação do nRF24L01+ ao PIC18F45K22

no microcontrolador do “Módulo reboque”, através do seu *RB0*. Quando o *slave* responde ao pedido do *master*, uma nova interrupção é criada, desta vez no microcontrolador do “Módulo habitáculo”.

Através deste método de interrupções é possível minimizar o consumo do “Módulo reboque”, uma vez que este apenas precisa de responder aos pedidos do “Módulo habitáculo”, ficando *idle* o resto do tempo.

3.3.2.3 GPS - NEO-6M

O GPS (*Global Positioning System*) é um elemento essencial no sistema, pois é através deste que é determinada a localização dos veículos. O módulo utilizado no sistema é o NEO-6M da *U-Blox*, integrado na *board* de desenvolvimento *GY-GPS6MV2*, que conta com uma antena cerâmica externa [64].

As principais características do NEO-6M são: [65]

- Baixo consumo de energia - a alimentação do NEO-6M pode ser efetuada com tensões entre 2.7 V e 3.6 V contudo, a *board* *GY-GPS6MV2* utilizada contém um regulador de tensão no seu interior, pelo que a alimentação pode ser efetuada a 3.3 V ou 5 V. Em termos de corrente, o módulo tem um consumo contínuo típico de 39 mA, podendo consumir apenas 11 mA quando ativado o modo de poupança. O máximo é atingido na primeira aquisição de satélites, em que correntes até 67 mA podem ser requeridas, o que se traduz num consumo de energia típico de 0.140 W (máximo de 0.241 W).

- Baixo custo - a aquisição de uma *board GY-GPS6MV2* tem um custo de, aproximadamente, 15 €. A aquisição de vários módulos, sob orçamento, poderá reduzir o preço individual de cada módulo.
- Temperatura de operação - a gama de temperaturas varia entre -40 °C e +85 °C, suficiente para a sua instalação junto ao condutor.
- Dimensões reduzidas - a *board GY-GPS6MV2* tem um tamanho de apenas 35 mm x 25 mm x 2 mm e a antena de 25 mm x 25 mm x 2.5 mm, o que facilita a sua integração no sistema.
- Interface - o NEO-6M suporta diversas interface: UART (*Universal Asynchronous Receiver / Transmitter*), SPI (*Serial Peripheral Interface*), I²C (*Inter-Integrated Circuit*) e USB (*Universal Serial Bus*). Na *board GY-GPS6MV2* os pinos disponíveis permitem a comunicação UART.

A figura 3.18 apresenta o circuito de ligação do GPS NEO-6M, na *board GY-GPS6MV2*, ao PIC18f45k22. Optou-se pela ligação à segunda porta série do microcontrolador, UART2. Assim sendo, o pino V_{cc} e o GND do GPS foram ligados, respetivamente, a +5 V e 0 V. A transmissão dos dados do GPS para o microcontrolador é efetuada através da ligação do pino de transmissão de dados do módulo, TX , ao pino de receção de dados do microcontrolador, $RX2$ (pino 30), enquanto que a transmissão de dados em sentido inverso é efetuada pela ligação do $TX2$ (pino 29) do microcontrolador ao pino RX do GPS.

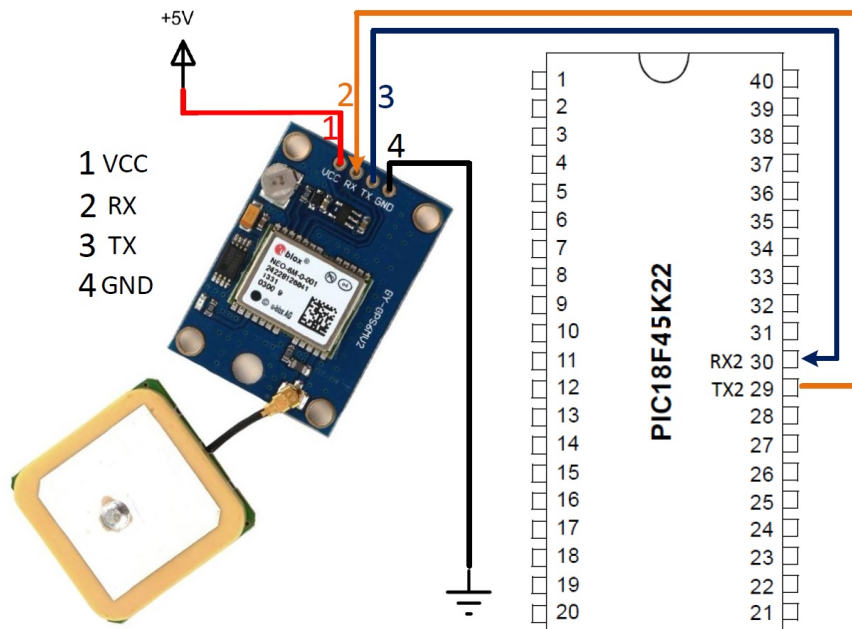


Figura 3.18: Circuito de ligação do GPS NEO-6M (*GY-GPS6MV2*) ao PIC18F45K22

O módulo de GPS NEO-6M utiliza o protocolo NMEA (*National Marine Electronics Association*) nas mensagens transmitidas. Ao ligar a alimentação do módulo, este envia um conjunto de informações pelo seu pino TX , em mensagens que respeitam o formato NMEA. O conjunto de

mensagens enviadas, a cada segundo, é apresentado na figura 3.19. São oito mensagens, identificadas no seu início, e que permitem obter diversas informações sobre o veículo. A identificação, como descrito em 2.3.3, começa com os caracteres “\$GP” seguidos de mais três caracteres: [66]

- RMC (*Recommended Minimum data*) - esta mensagem contém informação da localização 2D (latitude e longitude), data e hora da obtenção dos dados, bem como a velocidade em nós.
- VTG (*Course over ground and Ground speed*) - entre outros dados, fornecem a velocidade em nós e em quilómetros por hora.
- GGA (*Global positioning system fix data*) - esta mensagem contém informação sobre a localização 3D (latitude, longitude e altitude), a hora da obtenção dos dados e o número de satélites em uso.
- GSA (*GNSS DOP and Active Satellites*) - fornece informações sobre o modo de funcionamento do GPS, manual (M) ou automático (A), informações sobre o estado da cobertura dos satélites (*fix* indisponível, 2D ou 3D) e informações sobre coeficientes de precisão da posição no espaço (DOP - *Dilution of precision*).
- GSV (*GNSS Satellites in View*) - contém informações sobre o número de satélites encontrados e informações da sua identificação.
- GLL (*Latitude and longitude, with time of position fix and status*) - fornece informações sobre a localização 3D, a hora e o estado dos dados (válidos, A, ou inválidos, V)

```
$GPRMC,233720.00,A,4045.24987,N,00838.05760,W,0.129,,290115,,D*66
$GPVTG,,T,,M,0.129,N,0.239,K,D*24
$GPGGA,233720.00,4045.24987,N,00838.05760,W,2,07,1.24,10.4,M,49.8,M,,0000*78
$GPGSA,A,3,29,25,31,14,12,02,21,,,,,1.79,1.24,1.29*09
$GPGSV,3,1,12,02,06,034,20,08,39,314,,12,07,089,37,14,18,210,18*7A
$GPGSV,3,2,12,16,07,281,17,21,29,159,37,23,01,331,,25,42,078,41*7D
$GPGSV,3,3,12,29,64,047,32,31,72,288,24,33,42,190,,39,32,134,37*75
$GPGLL,4045.24987,N,00838.05760,W,233720.00,A,D*7B
$GPRMC,233721.00,A,4045.24993,N,00838.05762,W,0.356,,290115,,D*6A
$GPVTG,,T,,M,0.356,N,0.659,K,D*2C
$GPGGA,233721.00,4045.24993,N,00838.05762,W,2,07,1.24,10.3,M,49.8,M,,0000*79
$GPGSA,A,3,29,25,31,14,12,02,21,,,,,1.79,1.24,1.29*09
$GPGSV,3,1,12,02,06,034,19,08,39,314,,12,07,089,37,14,18,210,18*70
$GPGSV,3,2,12,16,07,281,17,21,29,159,37,23,01,331,,25,42,078,41*7D
$GPGSV,3,3,12,29,64,047,32,31,72,288,25,33,42,190,,39,32,134,37*74
$GPGLL,4045.24993,N,00838.05762,W,233721.00,A,D*7D
```

Figura 3.19: Estrutura das mensagens NMEA enviadas pelo GPS NEO-6M

Para o sistema, foi utilizada a mensagem \$GPGGA, de onde são retirados os dados da localização 3D e a hora da obtenção desses dados, e a mensagem \$GPVTG para a obtenção da velocidade.

3.3.2.4 Modem GSM/GPRS - SIM900

Como mencionado anteriormente, o envio das informações para a central é efetuado através de comunicação sem fios utilizando a rede móvel. Para efetuar a ligação à rede móvel, é

necessário a utilização de um *modem*, com um cartão SIM (*Subscriber Identity Module*). Foi escolhido o módulo SIM900, da *SIMCom*, integrado na *board* de desenvolvimento *GPRS Shield*. A utilização da *board* simplifica a aplicação do SIM900 no sistema, uma vez que existe um *socket* para a colocação do SIM, a possibilidade da ligação de um antena e a disponibilidade de diversos pinos que podem ser configurados para o controlo à distância.

Como principais características do SIM900, integrado na *board GPRS Shield*, pode-se destacar: [67, 68]

- Multi-frequências - este é um módulo *Quad-band* (opera nas frequências de 850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz e 1900 MHz), pelo que pode ser utilizado em qualquer parte do globo.
- Baixo consumo - a alimentação do SIM900 é efetuada com tensões entre 3.2 V e 4.8 V, mas com a presença de reguladores na *GPRS Shield* é possível alimentar a *board* a 5 V. A corrente requerida, quando não está a efetuar transmissão de dados, é de 1.5 mA, traduzindo-se num consumo, em modo *sleep*, inferior a 0.01 W. Na ligação à rede, e na transmissão de dados, o consumo é de 2 W, nas frequências de 850 MHz e 900 MHz, e de 1 W, nas frequências de 1800 MHz e 1900 MHz.
- Baixo custo - a aquisição da *board GPRS Shield* tem um custo associado de, aproximadamente, 15 €. Porém, existe uma versão mini, como características inferiores, mas que para o sistema é suficiente, que tem um custo de 10 €.
- Temperatura de operação - permite a sua utilização numa gama de temperaturas entre os -40 °C e os +85 °C.
- Interface - a comunicação com o *modem* é efetuada através de UART.
- Dimensões - o *modem* tem um tamanho de 70 mm x 60 mm x 18 mm, sem antena. A utilização de antena aumenta a dimensão do *modem*, existindo antenas de diversas dimensões.
- Periféricos - o *modem* permite a ligação de periféricos, como por exemplo microfone e colunas para a realização de chamadas.

A interface utilizada para a comunicação entre o PIC18F45K22 e o SIM900, na *board GPRS Shield*, é a UART, ligando os pinos do *modem* à porta série UART1 do microcontrolador. A figura 3.20 apresenta o circuito de ligação do *modem* ao microcontrolador.

Para a alimentação do sistema é necessário ligar o V_{CC} (pino 1) e o GND (pino 2), do *modem*, a 5 V e 0 V, respetivamente. A transmissão de dados do microcontrolador para o *modem* é efetuada através da ligação do TX1 (pino 25) do microcontrolador, ao TX (pino 4) do *modem*. A ligação do RX do *modem* (pino 3) ao RX1 (pino 26) do microcontrolador permite a transmissão de dados em sentido inverso. De facto, ao contrário do que é usual (ligação do Tx ao Rx), neste *modem* as inscrições com os nomes dos pinos indicam, não a sua identificação, mas a identificação dos pinos a que devem ser ligados, existindo assim, segundo a terminologia, ligações Tx-Tx e Rx-Rx.

Quando é ligada a alimentação da *GPRS Shield*, o SIM900 não é ativado. Para iniciar o *modem* é necessário pressionar o botão *PWRKEY* durante cerca de 2 segundos, o que, no sistema apresentado, seria uma característica indesejável. A solução passou pela soldadura de dois pinos identificados como *JP*. A união do *JP* permite a utilização do *ON/OFF* (pino 5) para ligar e

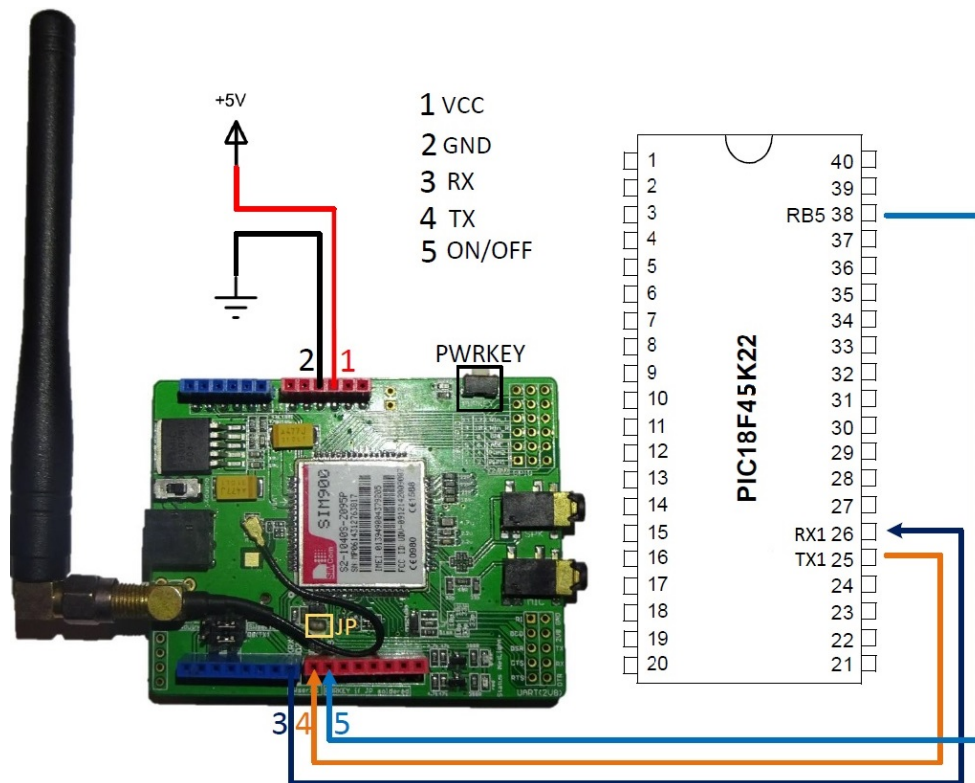


Figura 3.20: Circuito de ligação do modem SIM900 (*GPRS Shield*) ao PIC18F45K22

desligar o *modem*, bastando para isso alimentar o *ON/OFF* a 5 V durante 2 segundos. Esta alimentação é efetuada pelo microcontrolador, através da saída digital *RB5* (pino 38), ficando este responsável pelo início automático do *modem* [68].

Para simplificar o arranque do *modem* é definido que o cartão SIM, inserido no *modem*, tem a proteção por PIN desativada. Isto permite a utilização do *modem* sem a necessidade do seu desbloqueio por *software*. A *board GPRS Shield* tem um *socket* destinado ao cartão SIM na parte inferior, como é visível na figura 3.21. Na mesma figura é possível verificar a existência de pinos na parte inferior que constituem uma alternativa de ligação: estas podem ser realizadas nos pinos superiores ou inferiores, facilitando assim diferentes implementações.

3.3.2.5 Placa de circuito impresso - PCB

Para o “Módulo habitáculo” também foi construída uma PCB (*Printed Circuit Board*). Esta é diferente da PCB desenvolvida para o “Módulo reboque”, uma vez que os componentes são diferentes. Para a sua construção foram considerados vários aspetos que seguidamente serão explicados.

Dimensão

A PCB deve ter o tamanho estritamente necessário para acomodar todos os componentes, evitando, assim, grandes áreas livres.

O PIC18F45K22 tem um comprimento de 52.5 mm, pelo que uma placa de tamanho 50 mm x 50 mm não é viável. Na empresa onde foram impressas as placas, o tamanho *standard* seguinte



Figura 3.21: Circuito de ligação do modem SIM900 ao PIC18F45K22

ao referido de PCB é de 100 mm x 50 mm, contudo estas medidas são grandes para o efeito. No entanto, é possível construir PCB de diferentes dimensões, utilizando como base uma placa de medidas *standard* superiores. Sendo assim, foi definido um tamanho para a PCB de 70 mm x 50 mm, suficiente para albergar todos os componentes especificados e alguns pinos extra, de forma a aumentar a versatilidade do sistema.

Alimentação

A sua aplicação no habitáculo do veículo facilita a alimentação do sistema recorrendo à energia do mesmo. Sendo assim, a tensão de alimentação do sistema será de 12 V ou 24 V, mas os componentes admitem tensões muito menores e, por isso, é necessário a utilização de reguladores de tensão para garantir a funcionalidade do sistema.

Tendo em conta os componentes utilizados foram definidos dois níveis de tensão: 3.3 V para a alimentação do nRF24L01+ e 5 V para a alimentação do PIC18F45K22, do GPS NEO-6M e do *modem* SIM900.

A redução da tensão de entrada para 5 V é realizada recorrendo ao regulador de tensão LM7805. Para conseguir uma tensão de 3.3 V é usado o regulador TC1263, utilizando como tensão de entrada os 5 V provenientes do LM7805. Estes reguladores de tensão são os mesmos que são utilizados no “Módulo reboque”, pelo que as suas características estão descritas no tópico “Alimentação” em 3.3.1.5, e os circuitos de implementação estão representados nas figuras 3.10 e 3.11.

Ligações elétricas

Antes do desenho da PCB é necessário realizar o desenho do esquema elétrico. Analogamente ao descrito em “Ligações elétricas” 3.3.1.5, foi utilizado o *Proteus 8* para o desenho do circuito.

No circuito foram adicionados todos os componentes definidos para o sistema, pinos para a ligação dos periféricos que não podem ser inseridos na PCB, *leds* e outros pinos extra, que permitem a expansibilidade do sistema. Na figura E.1, Anexo E, está representado o circuito elétrico desenhado para o “Módulo habitáculo”, com todos os componentes e ligações físicas necessárias entre estes.

PCB

Uma vez efetuado o circuito no *Proteus*, em ambiente *ISIS*, é iniciado o ambiente *Ares*, no qual a PCB é criada. Em primeiro lugar é definido o tamanho da placa, 70 mm x 50 mm, seguindo-se a distribuição dos componentes na área disponível, tendo em atenção as ligações entre estes, dispondo componentes que têm ligações entre si próximos, sempre que possível.

De forma semelhante ao que foi definido para a PCB do “Módulo reboque”, também nesta é atribuído a toda a área da placa o *ground* (0 V), exceto nas ligações existentes entre os componentes, diminuindo, assim, a complexidade das ligações.

Uma vez que a distribuição dos pinos do PIC18F45K22 necessários para a ligação do módulo de radiofrequência nRF24L01+ é parecida à distribuição do PIC18F2520, também nesta placa é necessária a utilização de duas *layers* sendo possível beneficiar da facilidade na distribuição das ligações, podendo estas ser efetuadas pela parte superior ou inferior da PCB.

A criação das “estradas” entre os componentes foram obtidas recorrendo à criação automática *auto-router*. Porém, todas as ligações foram revistas, tendo sido alteradas manualmente algumas delas. Foram adicionadas inscrições, na parte superior da placa, que ajudam na identificação dos pinos, bem como a identificação do autor e instituição.

Após a conclusão do desenho da PCB, foram criados os ficheiros *Gerber*, e juntamente com os ficheiros do “Módulo reboque”, foram enviados para impressão à *Elecrow*.

A figura 3.22 apresenta a PCB construída antes da montagem dos componentes: à esquerda é apresentada a vista de cima da placa (top layer) e à direita a vista de baixo (bottom layer). Na vista de cima estão representados os componentes em projeção 2D, assim como inscrições adicionadas, destacando-se o *TX1*, *RX1*, *TX2*, e *RX2* necessários para a ligação do GPS e do *modem*. No Anexo F é possível ver o desenho das duas layers da PCB, assim como uma perspetiva 3D do desenho da placa com os componentes.

Tendo as PCB construídas, foi necessário proceder à montagem dos componentes. Estes foram soldados à PCB manualmente pelo autor, sendo apresentada na figura 3.23 a PCB com os componentes. A imagem permite ter uma perceção das reduzidas dimensões da PCB.

A figura 3.24 apresenta a PCB do “Módulo habitáculo” com a identificação dos vários componentes descritos anteriormente. Na parte de cima estão localizados os reguladores de tensão (LM7805 e TC1263), com os respetivos condensadores. Em baixo, está localizado o módulo de radiofrequência nRF24L01+. No centro, por ser quem controla os componentes e processa a informação, encontra-se o microcontrolador PIC18F2520. Na parte de cima do microcontrolador, do lado direito, encontra-se os pinos *TX1*, *RX1*, *TX2*, e *RX2*, pinos de ligação do GPS NEO-6M e do *modem* SIM900. Do lado esquerdo, igualmente por cima do microcontrolador, encontra-se o pino *RB5*, utilizado para ligar o *modem* de forma automática.

Uma vez que os componentes do “Módulo habitáculo” têm dimensões que inviabilizam a sua integração na PCB, foi criada uma placa, apresentada na figura 3.25, onde o GPS e o *modem* são acondicionados.

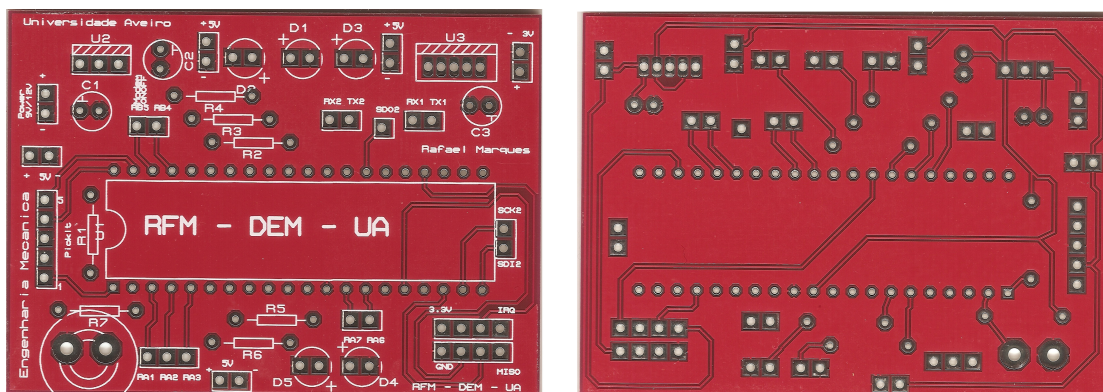


Figura 3.22: Fotografias da PCB construída: top layer, à esquerda, e bottom layer, à direita - Módulo Habitáculo

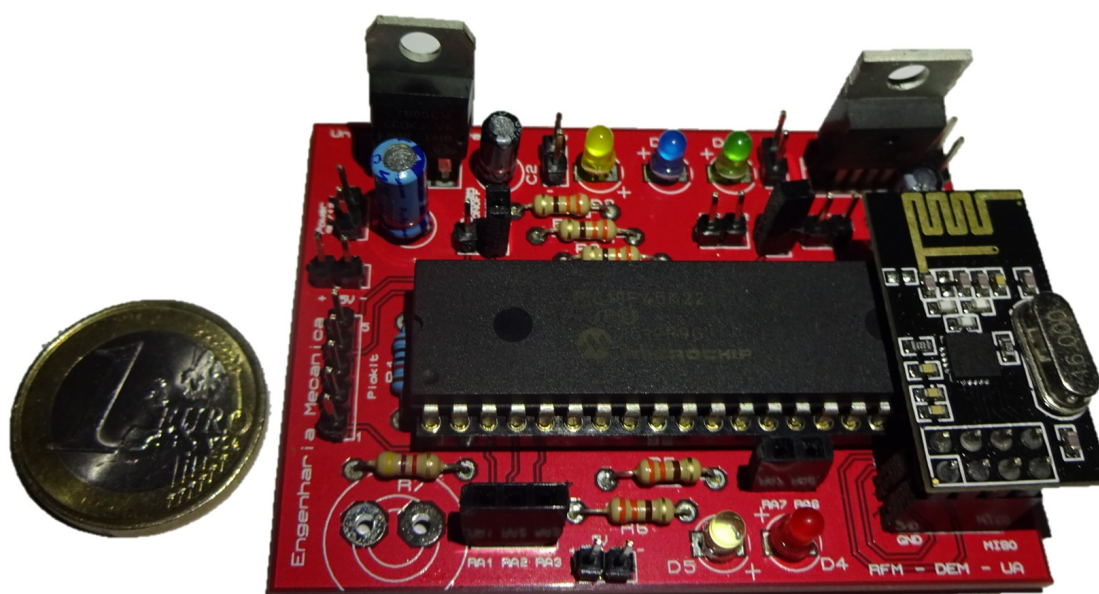


Figura 3.23: Fotografia da PCB, depois da montagem manual dos componentes - “Módulo habitáculo”

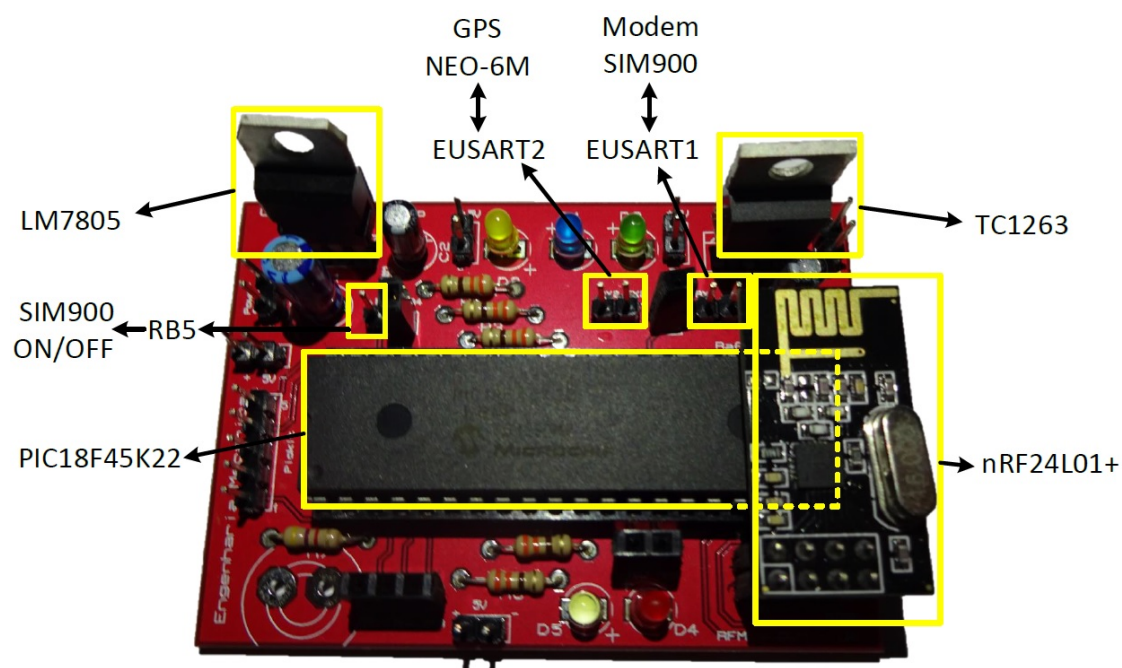


Figura 3.24: Fotografia da PCB com a identificação dos componentes - “Módulo habitáculo”

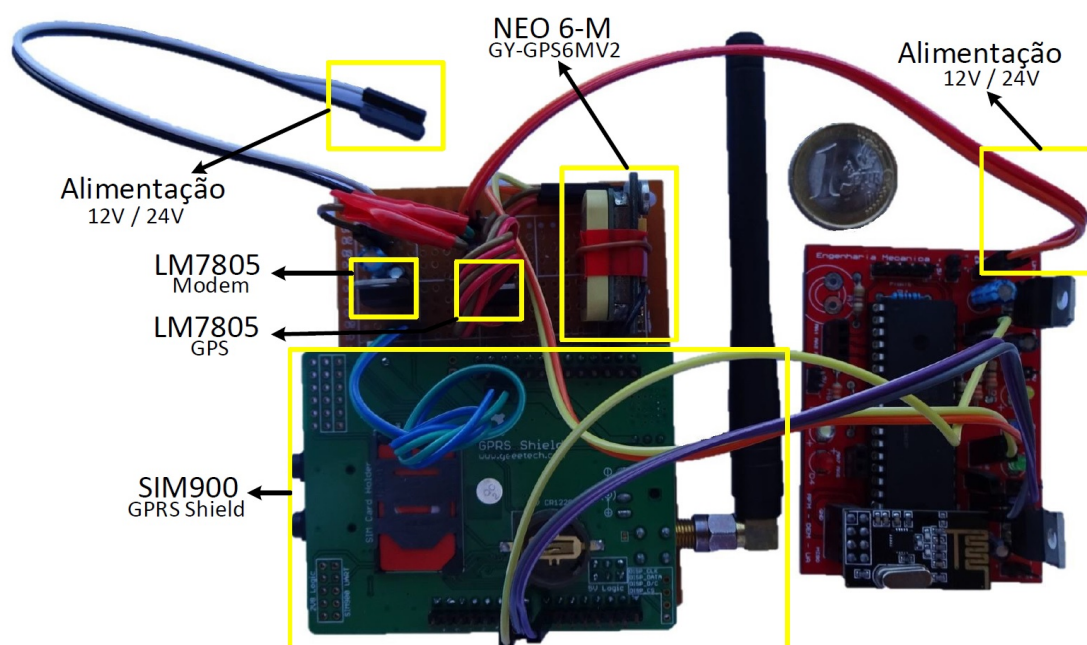


Figura 3.25: Fotografia da PCB e dos componentes do “Módulo habitáculo”

A placa utilizada é uma placa de desenvolvimento, com furos metálicos que permitem a soldadura de pinos e componentes, e tem a dimensão de 90 mm x 70 mm. Esta placa contém dois reguladores de tensão LM7805 (um para a alimentação do *modem* e outro para a alimentação do GPS) uma vez que foi decidido separar as alimentações devido aos consumos de cada componente, tendo em consideração as características do regulador. Acondicionados na placa estão a *board GPRS Shield* e a *board GY-GPS6MV2*, evitando que estes componentes fiquem soltos e, assim, acautelando possíveis quebras das ligações. Esta placa contém a entrada da alimentação, proveniente do veículo (12 V ou 24 V), alimentação que é distribuída também à PCB.

Box

Assim como descrito para o “Módulo reboque”, também para o “Módulo habitáculo” foi desenhada uma *box* com o intuito de acomodar a PCB e a placa que contém o GPS e o *modem*.

Sabendo as medidas da placa de circuito impresso e da placa de componentes, foi desenhada em *SolidWorks* a *box* para o sistema. Esta está dividida em dois espaços, o inferior para a placa com o *modem* e o GPS e o superior para a PCB. A separação dos espaços é efetuada com uma placa, com as medidas da *box*, mas que contém uma divisão para a PCB, uma vez que as suas dimensões são menores que as da *box*, cujo tamanho é adequado para acomodar a placa de componentes. Esta base não é sólida permitindo, por isso, a passagem dos cabos para a ligação dos componentes à PCB. Foi decidido que a antena fica localizada no exterior da *box*, sendo necessário a abertura de um furo na mesma. O desenho desenvolvido encontra-se no Anexo G, com a apresentação da vista explodida na figura G.1, e nas figuras G.2 e G.3 os desenhos de definição, em 2D, onde se pode obter as dimensões globais do “Módulo habitáculo”.

Após a obtenção do desenho, este foi enviado para a construção, em conjunto com a *box* do “Módulo reboque”, à *PFF - Print For Friends*. A *box* está representada na figura 3.26, onde é visível a PCB, a divisória, a identificação do autor e da instituição na tampa e os cabos de alimentação (branco e preto). A placa com o GPS e o *modem* não é visível por se encontrar por baixo da divisória, mas são visíveis os cabos de ligação entre a parte inferior e a superior.

3.3.3 Unidade central

Para a implementação do sistema é necessário a existência de uma base de dados onde sejam guardadas as informações recolhidas nos veículos. É igualmente necessário a existência de uma plataforma onde os dados possam ser consultados, tendo sido desenvolvido uma página *web* para o efeito. Assim, a “Unidade central” é um sistema físico onde estão alojadas as bases de dados dos veículos e a página *web*.

Um dos objetivos do sistema desenvolvido, como mencionado em 1.2, é a criação de um produto integral, que seja propriedade total da empresa transportadora, dispensando a dependência de terceiros para a manutenção do sistema e a consulta dos dados. Assim é necessário a existência do sistema físico “Unidade central” na empresa transportadora.

A “Unidade central” é um computador onde estão guardadas as bases de dados dos veículos e onde está alojada a página *web*. Além do computador, é necessário que este tenha ligação com a internet para que os registos dos dados sejam efetuados e o acesso a estes seja possível de forma remota, através da página *web*.

Em suma, a “Unidade central” é constituída por um computador com ligação à internet que está localizado, preferencialmente, na sede da empresa transportadora, constituindo um servidor. Uma vez conectado à internet, a página *web* pode ser acedida em qualquer lugar do mundo, possibilitando a consulta das informações dos veículos remotamente.



Figura 3.26: Fotografia da *box*, obtida por impressão 3D, com a PCB na parte superior e na inferior o GPS e o *modem* (não visíveis)

Capítulo 4

Implementação da solução proposta - Software

A referência ao *software* desenvolvido é relevante uma vez que este consome uma grande parte do tempo disponibilizado para o desenvolvimento da dissertação.

Nesta secção é apresentado o *software* desenvolvido para a implementação do sistema, considerando-se a divisão deste em duas partes. A primeira parte diz respeito ao *software* desenvolvido para a programação dos microcontroladores dos diferentes módulos, necessária para a interação com os diferentes periféricos. A segunda parte constitui o *software* implementado na “Unidade central”, que consiste na criação de uma página *web* com ligação a base de dados.

4.1 Módulo reboque

Para que o *hardware* funcione é necessária, por sua vez, a criação do *software* apropriado. A programação dos microcontroladores foi efetuada com o recurso ao programa MPLAB-X IDE da Microchip, programa destinado ao desenvolvimento de *software* para aplicações que contenham microcontroladores fabricados pela marca. O sistema é completo: permite a programação e o *debug*, bem como a integração dos circuitos desenvolvidos no *Proteus* para simulação [69].

No desenvolvimento do código, o MPLAB admite a utilização de diversas linguagens de programação. Por uma questão de familiaridade do autor e facilidade de estruturação do código, o mesmo foi desenvolvido em linguagem C ¹. Após o desenvolvimento dos programas o código é simulado no programa, sendo posteriormente programado o microcontrolador com recurso ao PICkit3 da Microchip [69].

Todo o código desenvolvido tem como objetivo programar o microcontrolador, permitindo este controlar os diversos periféricos a si ligados. Contudo, para uma melhor perceção, a apresentação do *software* desenvolvido está dividido por periféricos.

4.1.1 Microcontrolador - PIC18F2520

O código desenvolvido para o PIC18F2025 permite a este ligar, perguntar e interpretar as informações provenientes dos diversos sensores, assim como interagir com o nRF24L01+ de forma a enviar os dados recolhidos para o “Módulo habitáculo”.

¹Linguagem de programação criada para o desenvolvimento do sistema Unix. É um tipo de linguagem universal, estruturada e padronizada (ANSI e ISO), podendo ser utilizada em qualquer tipo de projeto e em qualquer plataforma

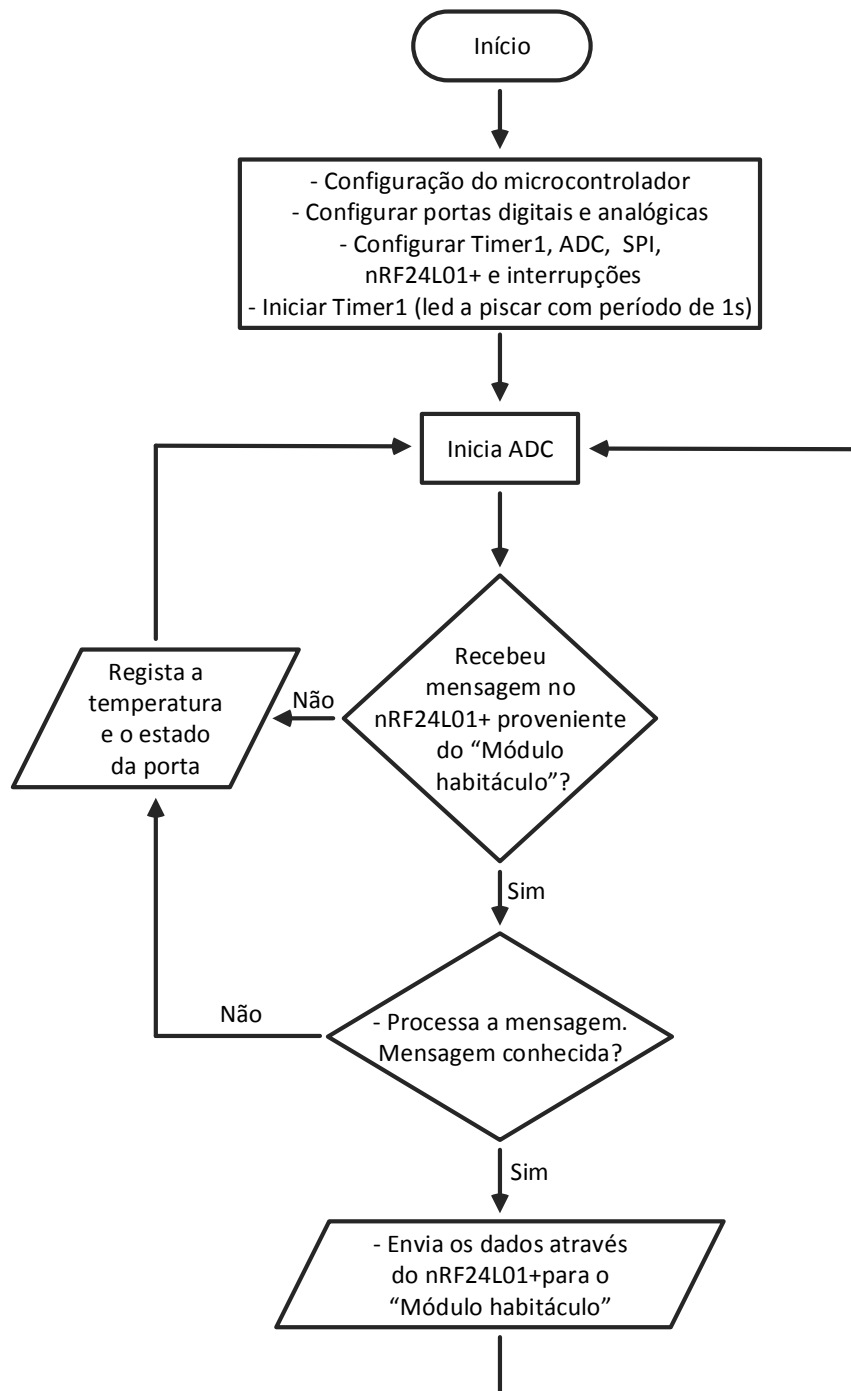
A arquitetura do *software* desenvolvido para o “Módulo reboque” está representado na figura 4.1, fornecendo uma percepção simples, mas global, do funcionamento do sistema.

De forma descritiva, o código desenvolvido para o *software* é processado da seguinte forma:

1. Ao alimentar o circuito, o microcontrolador é iniciado e necessita de percorrer um conjunto de funções de configurações. Estas são: configurações iniciais do microcontrolador, configuração de *clock* do microcontrolador, configuração do *Timer1*, definição das portas (pinos) como digitais ou analógicas, configuração da comunicação SPI, configuração do módulo nRF24L01+ (vários registos internos do módulo, como o endereço, o canal e a taxa de transmissão e a dimensão da mensagem) e configuração das interrupções. Neste momento o nRF24L01+ é configurado no modo de receção de dados.
2. O conversor analógico-digital (ADC) é iniciado, sendo efetuada a aquisição da temperatura e do estado da porta.
3. O microcontrolador espera uma interrupção promovida pelo IRQ (interrupção do módulo de radiofrequência devido à chegada de uma mensagem, que necessita de ser processada). Podem ocorrer duas situações:
 - Não existe nenhuma interrupção, o microcontrolador regista os dados recolhidos dos sensores e volta a efetuar o ADC.
 - Existe uma interrupção, o microcontrolador sabe que tem uma mensagem à espera de ser processada no nRF24L01+. As diligências necessárias para a leitura desta são iniciadas.
4. A mensagem existente no nRF24L01+, que provocou a interrupção no IRQ, é processada pelo microcontrolador. Assim, podem ocorrer duas situações:
 - A mensagem que chegou ao microcontrolador não é conhecida. Nesta situação, o microcontrolador ignora a mensagem, regista os dados recolhidos dos sensores e volta a efetuar o ADC.
 - O microcontrolador reconhece a mensagem. Sabe então que um pedido do seu *master* tem de ser respondido. Assim, é processado o código que permite o envio dos dados através do nRF24L01+ para o “Módulo habitáculo”.
5. A mensagem foi enviada, o microcontrolador volta ao seu estado de conversão analógico-digital, esperando um novo pedido do *master*.

Durante todo o processo, o *Timer1* está ativo e promove o reluzir do *led* verde. Este pisca de 1 segundo em 1 segundo, indicando ao utilizador que o sistema está em correto funcionamento. Quando uma mensagem está a ser enviada, este *led* é desligado e o *led* azul é ativado, sendo o verde novamente ativado quando o envio estiver concluído. Usualmente não é visível o *led* azul devido à rapidez com que a mensagem é enviada. Por sua vez, se o *led* verde deixar de piscar é indicativo que algum problema poderá existir com o sistema.

A leitura do estado das portas é efetuada no momento do pedido feito pelo *master*. No limite poderia acontecer uma abertura seguida de fecho entre dois pedidos e não ser registado. Tendo em consideração esta possibilidade o autor desenvolveu o código de forma a que a existência de uma alteração de estado das portas desde o último pedido de envio de dados seja registada e guardada até ao envio seguinte, garantindo assim o registo de todos os eventos.

Figura 4.1: Fluxograma do *software* do “Módulos reboque”

4.1.2 Sensor de temperatura - MCP9700

Neste módulo, o microcontrolador tem de ser capaz de efetuar a conversão analógico-digital (ADC) do valor de tensão proveniente do sensor de temperatura MCP9700. Para a implementação do ADC é necessário desenvolver o código, em linguagem C, capaz de traduzir o descrito em 3.3.1.2, que constitui um conjunto de contas que são facilmente efetuadas pelo microcontrolador.

Na figura 4.2 está descrita a estrutura do *software* desenvolvido para a leitura do valor de temperatura. O processo inicia-se com a invocação da função de ADC, cuja primeira ação é a leitura da tensão na porta analógica. Um contador (“Leituras”) é incrementado a cada leitura, e apenas quando existirem 10 leituras de tensão o processo avança. É efetuada, pelo microcontrolador, a multiplicação de cada leitura pelo V_{step} (como descrito em 3.3.1.2) e de seguida é calculada a média das tensões. Partindo desta média é calculado o valor da temperatura e registado o valor desta na memória do microcontrolador. É feito o *reset* ao contador “Leituras” e o processo é repetido.

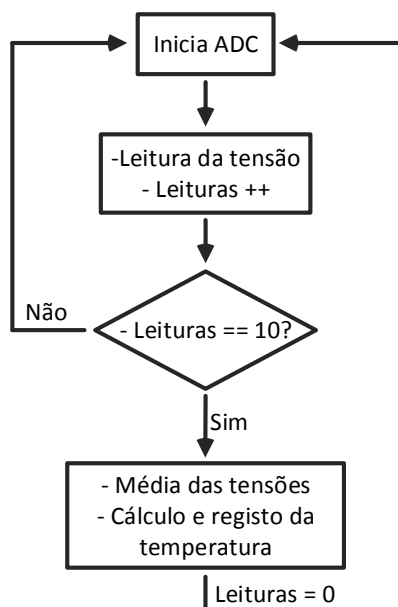


Figura 4.2: Fluxograma da função ADC - Leitura da temperatura

A utilização de 10 leituras para o cálculo de 1 valor de temperatura pretende uniformizar este valor. Esta leitura é efetuada rapidamente, demorando menos de 1 segundo, pelo que a média não é influenciada por possíveis variações de temperatura.

4.1.3 Abertura/Fecho das portas

A deteção da abertura ou fecho de portas também é efetuada pelo microcontrolador. O sensor de abertura/fecho das portas, descrito em 3.3.1.3, tem dois estados: 1 ou 0. Assim, não é necessário efetuar uma conversão analógica-digital, simplificando o sistema.

A figura 4.3 apresenta a estrutura do *software* que permite ao microcontrolador verificar se as portas estão abertas ou fechadas. Após cada registo da temperatura o microcontrolador verifica

o estado das portas. Para isso, é verificado o valor digital da sua porta: se o valor lógico é 1 significa que a porta está fechada, se o valor é 0 significa que a porta está aberta.

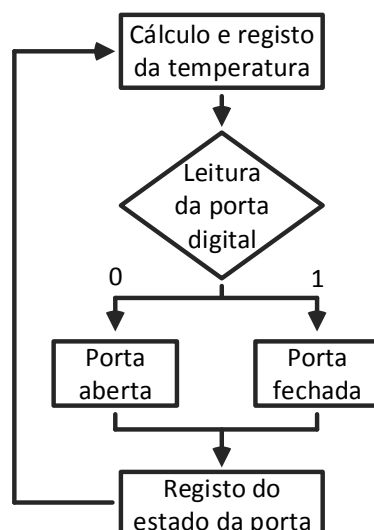


Figura 4.3: Fluxograma da função de leitura do estado das portas

A leitura é efetuada em conjunto com a temperatura, sendo verificada pelo menos uma vez a cada segundo. Caso haja uma alteração em relação ao último estado, esta alteração é guardada numa variável auxiliar que só é modificada (*reset*) depois do envio dos dados para o “Módulo habitáculo”.

4.1.4 Módulo de radiofrequência - nRF24L01+

O código para a utilização do nRF24L01+ é extenso e com o desenvolvimento de diversas funções. Em primeira instância são efetuadas as configurações da interface SPI e do próprio nRF24L01+, como representado na figura 4.1.

O funcionamento do nRF24L01+ do “Módulo reboque” pode ser simplificado e descrito num fluxograma, como apresentado na figura 4.4.

A configuração inicial do nRF24L01+ define que este é o *slave* e que se encontra em “modo de receção”. O módulo fica à espera que o *master* lhe envie um pedido conhecido. Quando este pedido é efetuado, uma interrupção (IRQ) é criada no módulo e transmitida ao microcontrolador. O microcontrolador lê a mensagem recebida pelo módulo e descodifica-a. Se for uma mensagem conhecida, o microcontrolador promove a configuração do nRF24L01+ para o “modo de envio” e os dados da temperatura e estado da porta são enviados para o *master*. Uma vez concluído o envio, o microcontrolador volta a configurar o nRF24L01+ em “modo de receção”, ficando neste estado até um novo pedido ser efetuado.

4.2 Módulo habitáculo

O “Módulo habitáculo” também necessita de ser programado para efetuar as ações pretendidas. Neste módulo é necessário desenvolver o código para o funcionamento do PIC18F45K22, do GPS NEO-6M, do *modem* SIM900 e do nRF24L01+.

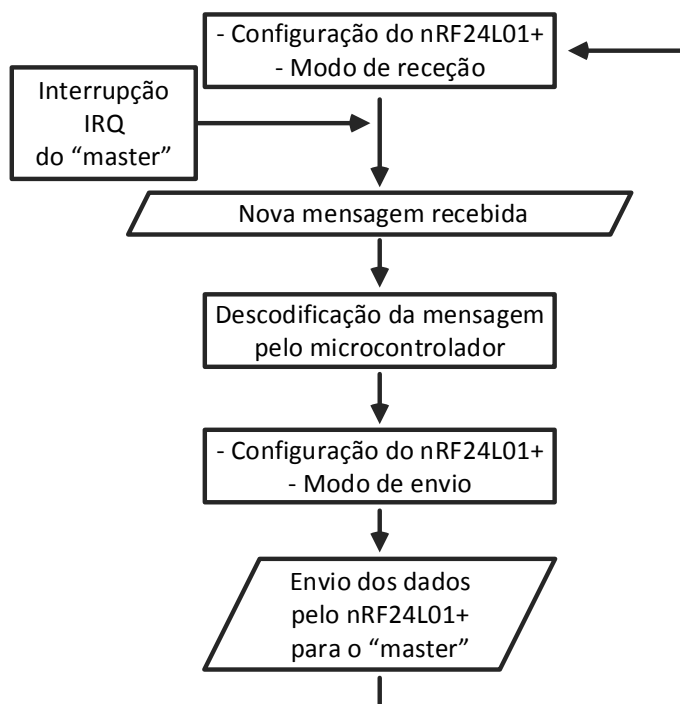


Figura 4.4: Fluxograma do processo de envio das mensagens pelo nRF24L01+ *slave*

Como acontece no “Módulo reboque”, todo o código desenvolvido é interpretado pelo microcontrolador. Porém, a ligação ao GPS e *modem* implicam uma contínua troca de mensagens entre o microcontrolador e estes, não sendo utilizadas funções de simples leituras de entradas analógicas e digitais.

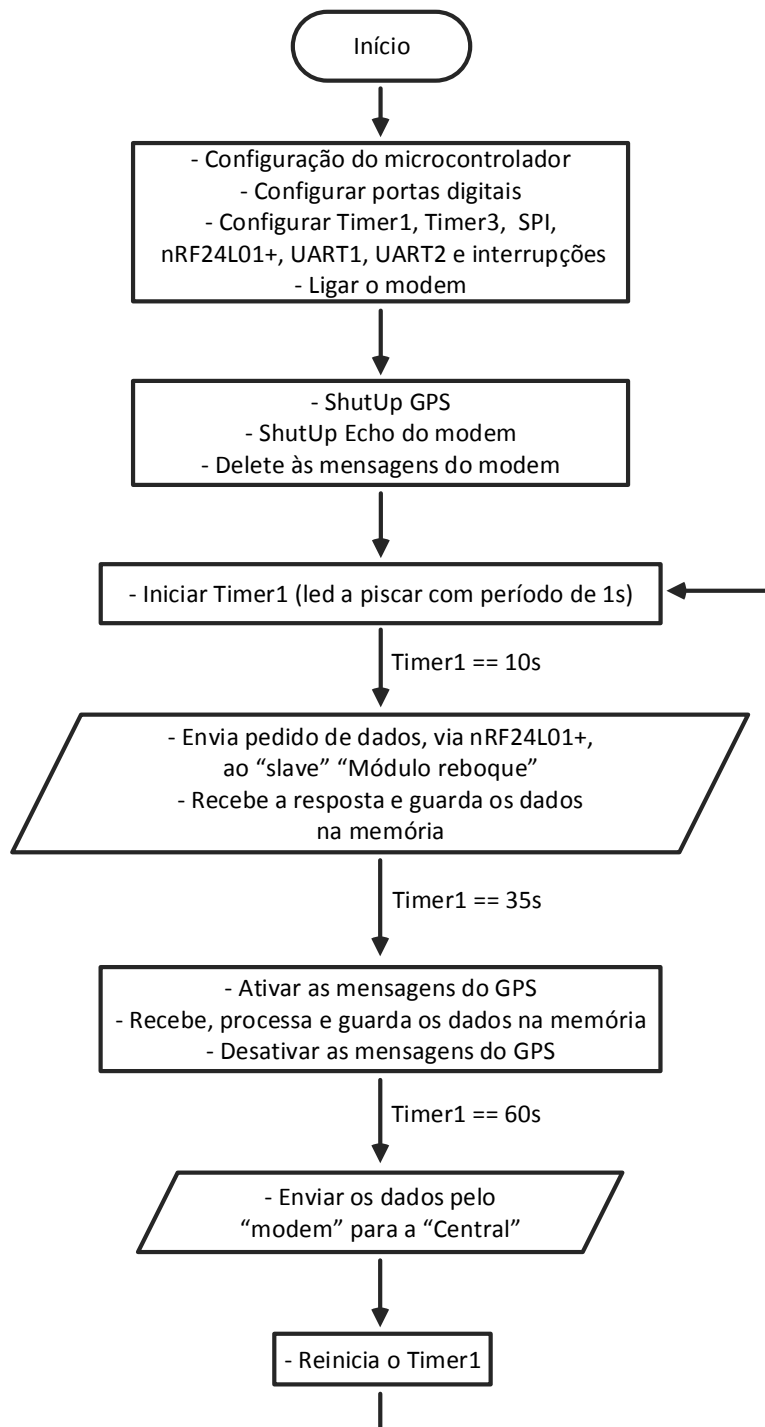
4.2.1 Microcontrolador - PIC18F45K22

O código desenvolvido para o PIC18F45K22 permite a recolha dos dados obtidos pelo “Módulo reboque” e pelo GPS, bem como o seu envio, através do *modem* para a bases de dados. O sistema tem também a capacidade de interagir com o utilizador por SMS, em situações esporádicas.

A figura 4.5 apresenta a arquitetura do *software* desenvolvido para o “Módulo habitáculo”. A observação da mesma permite obter uma perceção global e simplista do funcionamento do sistema.

O procedimento desenvolvido no *software* tem como base a utilização de um *timer* para efetuar as diferentes ações necessárias. O procedimento é o seguinte:

1. Quando a alimentação é ligada, o microcontrolador inicia e, logo à partida, tem de executar um código com diversas ações de configuração. As configurações efetuadas são: configurações iniciais do microcontrolador, configuração de *clock* do microcontrolador, configuração dos *Timer1* e *Timer3*, definição das portas digitais como saídas ou entradas, configuração da comunicação SPI e do nRF24L01+, configuração das portas série do microcontrolador (UART1 e UART2) e configuração das interrupções. O *modem* é agora iniciado pelo microcontrolador.

Figura 4.5: Fluxograma do *software* do “Módulo habitáculo”

2. São efetuadas ações em dois periféricos distintos:

- O microcontrolador envia um conjunto de mensagens para o GPS para que este deixe de enviar as suas mensagens de segundo a segundo. O GPS continua a funcionar, ligando aos satélites e adquirindo a localização, esta apenas não é enviada pela porta série do módulo.
 - O *modem* tem uma funcionalidade de fazer o eco de todas as mensagens enviadas para si. Esta funcionalidade pode ser desativada, mas sempre que o *modem* é iniciado tem de se aplicar esta definição, pelo que o microcontrolador está instruído a executar essa função. É também executado o código que permite a eliminação de todas as mensagens existentes na caixa de entrada do *modem*.
3. É iniciado o *Timer1*, que serve de guia para todo o desenrolar do processo. Um *led* pisca de 1 segundo em 1 segundo, indicando o correto funcionamento do sistema.
4. Quando o *Timer1* atinge os 10 segundos, o microcontrolador envia uma mensagem pelo nRF24L01+ *master* para o *slave* com o pedido de informações. O *slave* responde, a mensagem recebida é processada e os dados guardados na memória do microcontrolador.
5. Aos 35 segundos, as mensagens do GPS são ativadas. O microcontrolador recebe as mensagens, processa e guarda os dados pretendidos na sua memória. Em seguida as mensagens do GPS são novamente desativadas.
6. Por fim, quando o *Timer1* atinge os 60 segundos, os dados obtidos do *slave* (temperatura e estado das portas) e do GPS são enviados, através do *modem*, para a “Unidade central”. O *Timer1* é reiniciado e o processo recomeça.

Todo o desenrolar dos acontecimentos tem por base a cronometragem do *Timer1*. Controlado pelo relógio, existe um *led* de cor verde que pisca de segundo a segundo, indicando que o sistema está em funcionamento. Sempre que um pedido feito por radiofrequência é realizado, o *Timer1* é suspenso e o *led* de cor amarela é ligado, situação esta que é impercetível devido à rapidez com que a comunicação é realizada.

Quando o microcontrolador promove a leitura de dados do GPS, o *Timer1* é suspenso e é iniciado o *Timer3*, que funciona como *timeout* para a comunicação. Assim que a leitura é efetuada, o *Timer3* é parado e o *Timer1* retomado. Se existir um erro na comunicação entre o microcontrolador e o GPS e o *timeout* for atingido (está definido para 15 segundos), é aceso o *led* vermelho e o microcontrolador prossegue com o programa. A leitura de dados não é problemática, contudo foi decidido a criação do sistema de segurança para que, em caso de algum erro, o sistema não fique preso em determinado passo.

No envio de dados pelo *modem* o processo é semelhante. O *Timer1* é parado e o *Timer3* iniciado, configurado o *timeout* para 25 segundos. O microcontrolador efetua a interação com o *modem*, e neste intervalo de tempo o *led* de cor branca encontra-se ligado. No fim da comunicação, o *Timer3* é desligado, faz-se o *reset* aos *Timer1* e *Timer3* e é iniciado o primeiro. Se ocorrer um erro na comunicação, devido por exemplo a falha de cobertura da rede móvel e o *Timer3* atingir o *timeout*, o microcontrolador ativa o *led* vermelho e prossegue com o código.

4.2.2 Módulo de radiofrequência - nRF24L01+

O código desenvolvido para a utilização do nRF24L01+ é em tudo idêntico ao utilizado no “Módulo reboque”. As configurações do módulo são as mesmas, com a diferença de este ser

o *master* e não estar sempre em modo de receção, controlando o *timing* da troca de mensagens entre o *master* e o *slave*.

A figura 4.6 apresenta o fluxograma do funcionamento do nRF24L01+ do “Módulo habitáculo”. Este módulo é o *master*, responsável por efetuar o pedido de informação ao *slave*, ou *slaves*, se for pretendido a monitorização de temperaturas e estado de portas em diversos pontos dos veículos. O código desenvolvido permite, com pequenas alterações, a utilização de diversos *slaves* para um único *master*, aumentando desta forma a versatilidade do sistema desenvolvido.

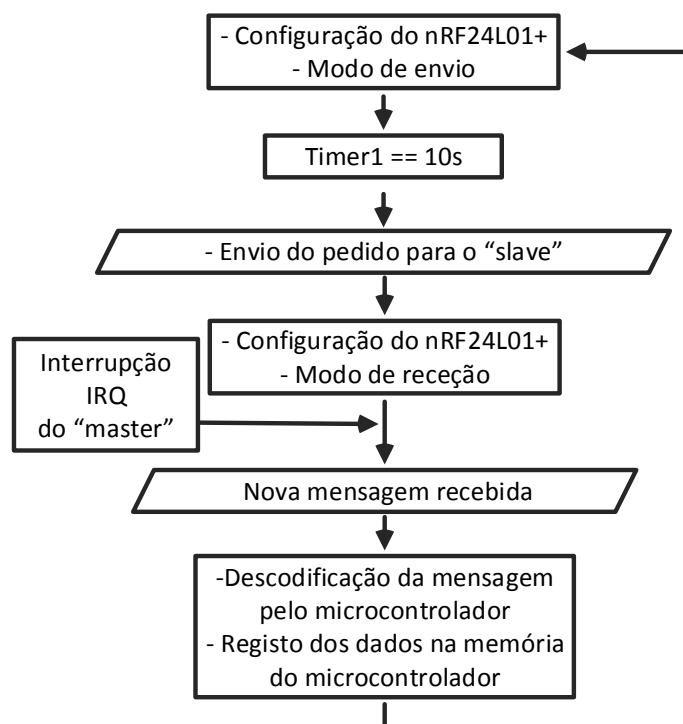


Figura 4.6: Fluxograma do processo de envio das mensagens pelo nRF24L01+ *master* - “Módulo habitáculo”

O nRF24L01+ do “Módulo habitáculo” é o *master* e a sua configuração inicial e na maior parte do tempo, é de “modo de envio”. Quando o *Timer1* atinge os 10 segundos, o microcontrolador, através do módulo de radiofrequência *master*, envia uma mensagem para o *slave*. Após o envio, o nRF24L01+ é configurado para o “modo de receção”, ficando à espera da resposta do *slave*. Quando existe uma resposta, uma interrupção do IRQ do *master* indica ao microcontrolador que existe uma mensagem para ser processada. O microcontrolador processa a mensagem, regista os dados nela contidos na sua memória e configura o módulo nRF24L01+ em “modo de envio”. As mensagens trocadas entre o *master* e o *slave* estão representadas na tabela 4.1. O processo repete-se uma vez por minuto, isto é, quando o *Timer1* voltar a atingir os 10 segundos.

Numa mensagem enviada pelo nRF24L01+ a informação está contida no *Payload*, como referido em 3.3.1.4, e tem um tamanho máximo de 32 bytes. No sistema desenvolvido são utilizados apenas 5 bytes ([0]-[4]) na comunicação *master to slave* e 8 bytes ([0]-[7]) na comunicação *slave to master*. A mensagem enviada pelo *master* começa por ter o endereço deste (0x20) seguida da palavra “DATA”. O *slave*, no seu código, está à espera desta mensagem, pelo que se uma mensagem diferente chegar ao *slave*, este não irá responder. Se a mensagem for a es-

Tabela 4.1: Mensagens trocadas entre os nRF24L01+ *master* e *slave*

Direção	Mensagem [0]	Mensagem [1]	Mensagem [2]	Mensagem [3]	Mensagem [4]	Mensagem [5]	Mensagem [6]	Mensagem [7]
<i>Master to Slave</i>	[0x20]	['D']	['A']	['T']	['A']	-	-	-
<i>Slave to Master</i>	['T']	['0']	['1']	['5']	['.']	['4']	['D']	['1']

perada, o *slave* envia para o *master* a mensagem apresentada na tabela: começa com o caractere “T”, seguido do valor numérico da temperatura, sendo posteriormente enviado o caractere “D” e o estado da porta (0 ou 1). No exemplo da tabela a temperatura é de 015.4 °C e a porta está fechada. Em caso de temperaturas negativas, o primeiro dígito (0 no exemplo) será substituído pelo sinal negativo (-), visto que a gama de temperaturas negativas nunca atinge as centenas.

4.2.3 GPS - NEO-6M

O módulo de GPS NEO-6M permite um conjunto de configurações de forma a adequar o seu funcionamento a diferentes aplicações, sendo as configurações realizadas explicadas neste capítulo.

Como apresentado em 3.3.2.3 este módulo comunica com o microcontrolador por comunicação série (UART). Neste tipo de comunicações é essencial a configuração do *baudrate* no microcontrolador e no módulo. O módulo tem um *baudrate* pré-configurado de 9600 bps pelo que foi decidido configurar o microcontrolador com o mesmo.

Uma vez ligada a alimentação do NEO-6M, este começa imediatamente a enviar mensagens com dados, mesmo que incompletas (sem dados da localização) se ainda não existir uma ligação aos satélites, processo que pode demorar minutos. A utilização do protocolo NMEA permite a fácil identificação do tipo de mensagens que o GPS envia. É possível configurar a periodicidade com que o NEO-6M envia as mensagens, mas foi decidido manter o intervalo de 1 segundo *default*. As mensagens recebidas, a cada segundo, foram apresentadas em 3.3.2.3 na figura 3.19. Porém, o tipo de mensagens enviadas pelo GPS também é ajustável e para diminuir a quantidade de informação recebida o autor decidiu configurar o GPS conforme as suas necessidades.

A configuração do módulo NEO-6M é efetuada através do envio, por comunicação série, de um conjunto de mensagens para o mesmo. O microcontrolador é o responsável por guardar, e executar cada vez que o sistema é iniciado, o código que permite esta interação. A estrutura das mensagens a enviar para o NEO-6M é parecida às mensagens recebidas (utiliza mensagens proprietárias da *u-blox*, baseadas no NMEA). A mensagem utilizada é a *UBX,40 - Set NMEA message output rate* e está representada na 4.7 [66].

```
$PUBX,40,msgId,rddc,rus1,rus2,rusb,rspi,reserved*cs<CR><LF>
```

Figura 4.7: Estrutura da mensagem de configuração do NEO-6M [66]

O termo “\$PUBX” é o identificador do tipo de mensagem, completada pelo termo “40” que identifica qual é a mensagem proprietária. O campo “msgId” é alterado e configurado conforme a mensagem de *output* se pretende configurar (por exemplo GLL). Os campos seguintes são configuráveis e dependem da interface utilizada. Como a interface usada nas comunicações é

a UART o termo que interessa configurar é o “rus1”, que pode ser configurado como 0 para desligar, ou 1 para ativar, o *output* da mensagem especificada em “msgId”. Os restantes campos são preenchidos com 0 segundo o manual, à exceção do “cs”, que corresponde ao *checksum* e necessita de ser calculado a partir do conteúdo da mensagem [66].

A figura 4.8 apresenta as mensagens que o microcontrolador envia para o NEO-6M para desligar todas as mensagens de *output* do mesmo. A função auxiliar *print_long2*, criada pelo autor, permite o envio de frases para a porta série 2 (sem esta função cada caractere teria de ser enviado individualmente). O terceiro campo identifica as mensagens que estão a ser configuradas, enquanto que o 0 do quinto campo indica que a mensagem está a ser desativada. O número a seguir ao asterisco constitui o *checksum*, o “\r\n” equivale ao “<CR><LF>” (*Carriage Return and Line Feed*) e o número no final indica, à função auxiliar, a dimensão da mensagem.

```
void shutup_gps(void)
{
    print_long2("$PUBX,40,VTG,0,0,0,0,0,0*5E\r\n",29); //não receber a mensagem VTG
    print_long2("$PUBX,40,GSV,0,0,0,0,0,0*59\r\n",29); //não receber a mensagem GSV
    print_long2("$PUBX,40,RMC,0,0,0,0,0,0*47\r\n",29); //não receber a mensagem RMC
    print_long2("$PUBX,40,GLL,0,0,0,0,0,0*5C\r\n",29); //não receber a mensagem GLL
    print_long2("$PUBX,40,GSA,0,0,0,0,0,0*4E\r\n",29); //não receber a mensagem GSA
    print_long2("$PUBX,40,GGA,0,0,0,0,0,0*5A\r\n",29); //não receber a mensagem GGA
}
```

Figura 4.8: Mensagem de configuração inicial do NEO-6M, para desligar o envio das mensagens do mesmo

Uma vez que todas as mensagens são desativadas no início é necessário voltar a ativá-las para conseguir fazer a aquisição de dados. A figura 4.9 apresenta as mensagens enviadas pelo microcontrolador para o NEO-6M para ativar as mensagens pretendidas, VTG e GGA. A única alteração é no quinto campo, em que é introduzido o número 1, que indica a ativação da mensagem. O *checksum* é calculado com esta nova mensagem, obtendo-se diferentes valores.

```
void vtg_on(void)
{
    print_long2("$PUBX,40,VTG,0,1,0,0,0,0*5F\r\n",29); //receber a mensagem VTG
}

void gga_on(void)
{
    print_long2("$PUBX,40,GGA,0,1,0,0,0,0*5B\r\n",29); //receber a mensagem GGA
}
```

Figura 4.9: Mensagem de configuração do NEO-6M, para ativar o envio das mensagens VTG e GGA

Com estas configurações o microcontrolador sabe que existem apenas dois tipos de mensagens a processar. Um exemplo das mensagens recebidas é apresentado na figura 4.10. Quando uma mensagem é recebida, esta é guardada no microcontrolador para ser processada. O processamento da mensagem é efetuado através da procura na mensagem recebida do *id* VTG ou GGA, seguido de uma separação do conteúdo por vírgulas. Como a estrutura da mensagem é conhecida e sempre igual, é simples a extração dos dados relevantes da mesma.

Da primeira mensagem, \$GPVTG, é retirado o último valor numérico (0.659) que corresponde à velocidade do módulo, em km/h. A mensagem \$GPGGA fornece informação sobre a

```
$GPVTG, ,T, ,M,0.356,N,0.659,K,D*2C
$GPGGA,233721.00,4045.24993,N,00838.05762,W,2,07,1.24,10.3,M,49.8,M, ,0000*79
```

Figura 4.10: Mensagem recebida pelo microcontrolador contendo informações adquiridas pelo GPS

localização a 3 dimensões, dividida em vários termos:

- **233721.00** - corresponde à hora a que foi obtida a posição (23 horas 37 minutos e 21.00 segundos)
- **4045.24993** - a latitude corresponde a 40 graus e 45.24993 minutos
- **N** - indica se a latitude é medida para Norte (N) ou Sul (S)
- **00838.05762** - a longitude corresponde a 8 graus e 38.05762 minutos
- **W** - indica se a longitude é medida para Este (E) ou Oeste (W)
- **07** - número de satélites utilizados para a obtenção da localização
- **10.3** - altitude acima do nível médio do mar
- **M** - a altitude é expressa em metros

Os dados recolhidos do GPS necessitam de ser convertidos. Por conveniência, a latitude e longitude devem ser convertidas em graus, minutos e segundos, contudo para a sua representação em mapa é preferível a utilização das coordenadas em formato decimal. Pela existência de diversas alternativas, o autor decidiu efetuar o registo direto das coordenadas fornecidas pelo GPS, expressas em graus, minutos e décimas de minuto. O microcontrolador pode ser instruído para fazer a conversão para graus, minutos e segundos, necessitando apenas de isolar a parte decimal do número e o multiplicar por 60. Como exemplo, a partir do valor de 40°45.24993' é isolado o .24993, sendo posteriormente este multiplicado por 60 (1 minuto equivale a 60 segundos), obtendo-se a latitude de 40°45'14.9958". O mesmo processo é efetuado para a longitude.

Por utilidade é necessário identificar se a latitude e a longitude são positivas ou negativas, sendo que os dados recolhidos fornecem essa informação através da classificação das leituras como N, S, E ou W. As leituras a norte do equador (N) são consideradas positivas e a sul (S) negativas, indicando assim que a leitura efetuada para a latitude é de 40°45'14.9958". No caso da longitude, se o GPS se localizar a este do *Meridiano de Greenwich* (E) esta é positiva, caso se encontre a oeste (W) esta é negativa. Para o exemplo apresentado, a longitude está a oeste do *Meridiano de Greenwich*, pelo que o seu valor convertido é de -08°38'3.4572". No sistema, esta identificação é efetuada aquando do registo das informações na base de dados.

O procedimento de leitura dos dados do GPS está sucintamente descrito na figura 4.11. No início, o microcontrolador configura o *baudrate* para a comunicação e envia uma instrução para o GPS para desativar todas as mensagens de *output* deste. Quando o *Timer1* atinge os 35 segundos, o mesmo é suspenso e o microcontrolador envia a instrução de ativação da mensagem VTG do GPS, sendo essa mensagem, assim, recebida de segundo a segundo. O microcontrolador lê uma mensagem, processa a mesma e guarda os dados pretendidos na memória. Posteriormente, a mensagem VTG é desativada e, por sua vez, é ativada a mensagem GGA. O microcontrolador volta a processar essa mensagem, retirando os dados necessários da mesma, convertendo-os de

acordo com o exemplificado anteriormente, e guardando-os na sua memória. A mensagem GGA é desativada, o *Timer1* é reativado, os dados recolhidos ficam em memória até serem enviados para a “Unidade Central” e o processo volta a repetir-se quando o *Timer1* voltar a atingir os 35 segundos.

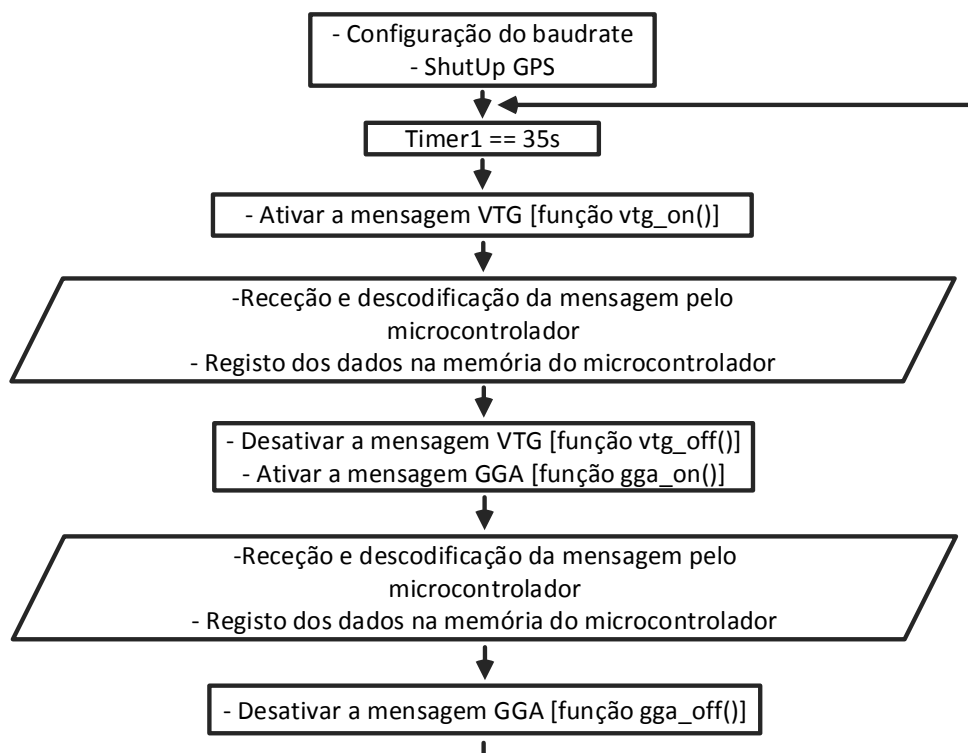


Figura 4.11: Fluxograma da interação do PIC18F45K22 com o NEO-6M

Se existir uma falha na ligação aos satélites, por falta de cobertura ou entrada do veículo em locais sem cobertura, o processo é o mesmo. No entanto, não existiram dados de latitude, longitude, altitude e velocidade a processar, pelo que estes campos serão enviados vazios para a “Unidade central”. Assim, com a chegada de campos vazios a esta é possível determinar possíveis zonas em que existiu a perda de cobertura dos satélites.

4.2.4 Modem GSM/GPRS - SIM900

O *modem* SIM900 permite o envio de todas as informações recolhidas no sistema remoto para a “Unidade central”. Porém, a sua utilização necessita do desenvolvimento do código para o envio e receção das mensagens trocadas entre o *modem* e o microcontrolador.

Anteriormente, em 4.2.4, foi apresentado o módulo e as suas características. Para o desenvolvimento do *software* é necessário ter em conta que o *modem* comunica por UART e a estrutura das mensagens trocadas tem por base os comandos AT. A figura 4.12 apresenta as interações existentes entre o microcontrolador e o *modem*.

1. O *modem* não fica ativo quando é ligado à alimentação, é necessário pressionar cerca de 2 segundos o botão de *power*. Para automatizar o sistema, o autor soldou dois pinos no *modem*, possibilitando a utilização de uma entrada, a *PWRK*, para a ativação do mesmo.

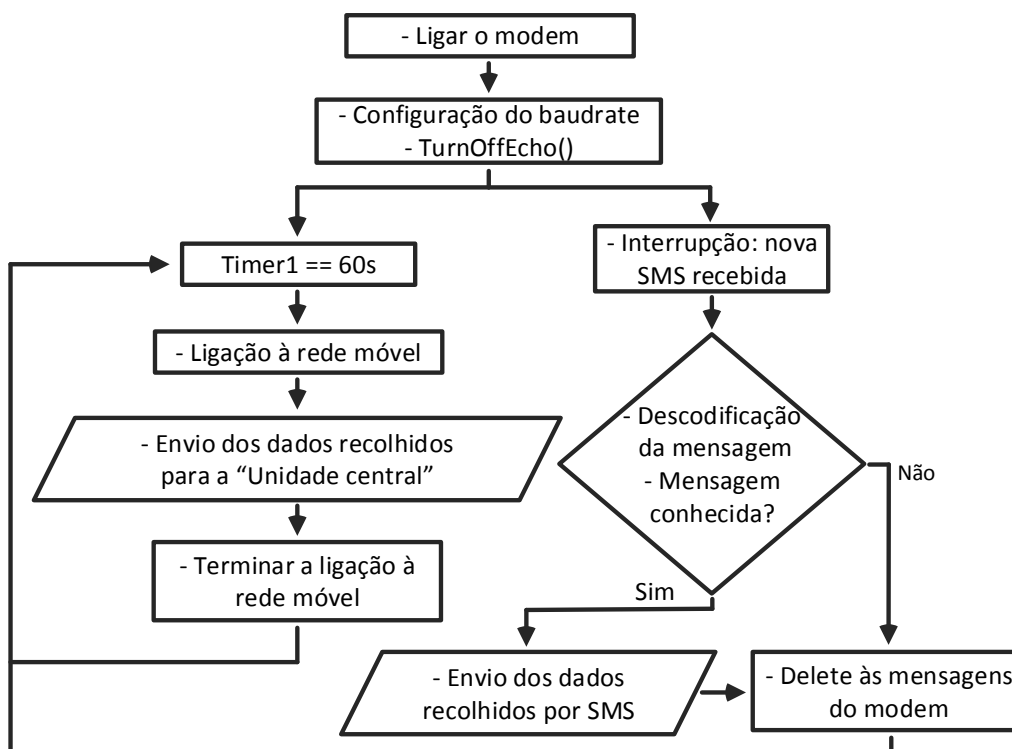


Figura 4.12: Fluxograma da interação do PIC18F45K22 com o SIM900

Sendo assim, para ligar o *modem*, o microcontrolador ativa o *Timer3* e ao mesmo tempo coloca a 1 uma saída digital (1 equivale a tensão de saída de 5 V). Quando o *Timer3* atinge os 2 segundos, a saída digital é colocada a 0 e é efetuado o *reset* ao *Timer3*.

2. São efetuadas as configurações da porta série, sendo utilizado um *baudrate* de 9600 bps para a comunicação série da UART1. De seguida é executada uma função *TurnOffEcho()* que promove o envio do comando “ATE0” para o *modem*, seguido de “<CR><LF>”. O comando “ATE” (*Set Command Echo Mode*) permite configurar o *modem* para desligar (“ATE0”) ou ligar (“ATE1”) o eco . Por definição o eco está ligado e, assim, cada caractere que é enviado para o *modem* é recebido novamente no dispositivo que o enviou. Nesta aplicação, a funcionalidade descrita é indesejável uma vez que as interrupções estão ativas, isto é, a chegada de um caractere proveniente do *modem* cria uma interrupção no microcontrolador, o que pode resultar numa falha de envio das mensagens.
3. O *modem* encontra-se em espera até que o *Timer1* atinja os 60 segundos. Quando isto se verifica, o microcontrolador promove a execução do código que permite efetuar a ligação do *modem* à rede móvel para envio de dados. As informações recolhidas na “Unidade reboque” e “Unidade habitáculo” são enviadas para a “Unidade central”, e uma vez terminado o envio, a ligação à rede móvel é terminada, evitando possíveis custos adicionais.
4. O autor decidiu ativar também a comunicação por SMS do *modem*. Se uma nova mensagem chegar ao *modem*, uma interrupção é criada no microcontrolador. Este tem de processar a mensagem, e caso esta contenha informação conhecida, o microcontrolador promove o envio dos dados recolhidos por SMS. Depois do envio, ou caso a mensagem

seja desconhecida, o microcontrolador apaga a caixa de entrada de mensagens do *modem*, ficando este novamente em espera.

A comunicação por SMS apenas está ativa para utilização esporádica, como por exemplo em caso de emergência. Se for enviada uma mensagem com a palavra *send* para o *modem*, o microcontrolador irá reconhecer esta mensagem e irá promover o envio de uma resposta. A resposta é enviada para um número pré-configurado, mesmo que o pedido tenha sido efetuado por um número diferente, para garantir a confidencialidade da informação. A mensagem que o microcontrolador envia para o *modem* contém a informação das coordenadas geográficas onde o veículo se encontra, assim como a temperatura e o estado das portas.

Para o envio de um SMS é necessária uma troca de várias mensagens (comandos AT) entre o microcontrolador e o *modem*. A figura 4.13 apresenta essa interação.

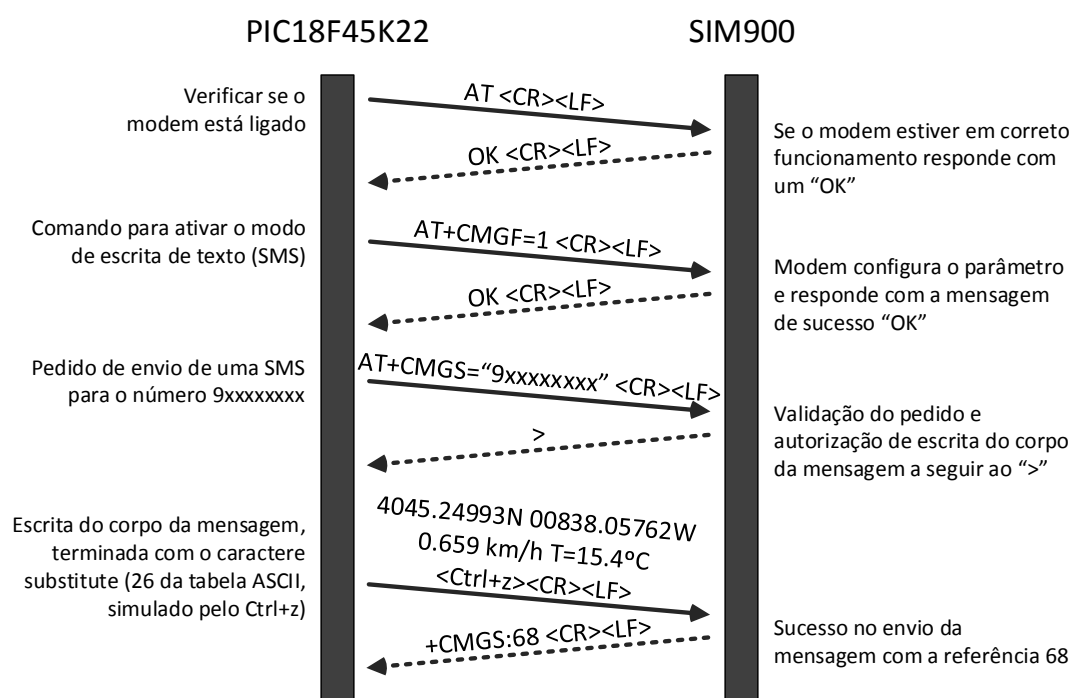


Figura 4.13: Diagrama de interação para envio de uma SMS

Uma vez que o eco do *modem* foi desligado, as comunicações com o mesmo tornam-se mais simples. Todas as mensagens com sintaxe AT terminam com o envio do <CR><LF> Carriage Return and Line Feed. O processo de envio de uma SMS engloba várias etapas: [70]

1. O microcontrolador começa por verificar se o *modem* está operacional enviando para o mesmo comando "AT <CR><LF>". Se este estiver em correto funcionamento envia a resposta "OK <CR><LF>" para o microcontrolador, caso contrário envia a mensagem "ERROR", ou simplesmente não responde caso esteja desligado.
2. Se o *modem* se encontrar operacional, o microcontrolador prossegue com o código, enviando a mensagem "AT+CMGF=1 <CR><LF>", comando este que permite configurar o *modem* para o formato de mensagem de texto. A configuração pretendida é aplicada pelo

modem e, em caso de sucesso, o *modem* envia para o microcontrolador a resposta “OK <CR><LF>”.

3. No terceiro passo, o microcontrolador promove o envio do número de telemóvel para o qual pretende enviar a SMS. A mensagem enviada para o *modem* para efetuar o pedido é “AT+CMGS=“9xxxxxxxx” <CR><LF>” onde o número “9xxxxxxxx” é programado antecipadamente, constituindo um número de emergência para o qual as SMS são enviadas. O *modem* valida o pedido e responde com o caractere “>”.
4. O microcontrolador envia o corpo da SMS que contém a localização geográfica do veículo, a velocidade atual e a temperatura da mercadoria. A indicação de fim da mensagem é efetuada com o caractere *substitute*, que corresponde ao número 26 na base decimal da tabela ASCII ² ou ao comando Ctrl+z no teclado do computador. Se a mensagem for enviada com sucesso o *modem* envia para o microcontrolador a mensagem “+CMGS=68 <CR><LF>”, onde 68 é variável e corresponde ao número de referência da mensagem enviada pelo *modem*.

Em qualquer etapa do processo, caso exista alguma anomalia no envio das mensagens o microcontrolador repete o envio da mensagem com os comandos, até no limite atingir o *timeout* definido. Se o *timeout* for atingido, o *led* vermelho dá a indicação de um erro na comunicação, mas o microcontrolador prossegue com a execução do código, nunca ficando bloqueado em nenhuma das etapas.

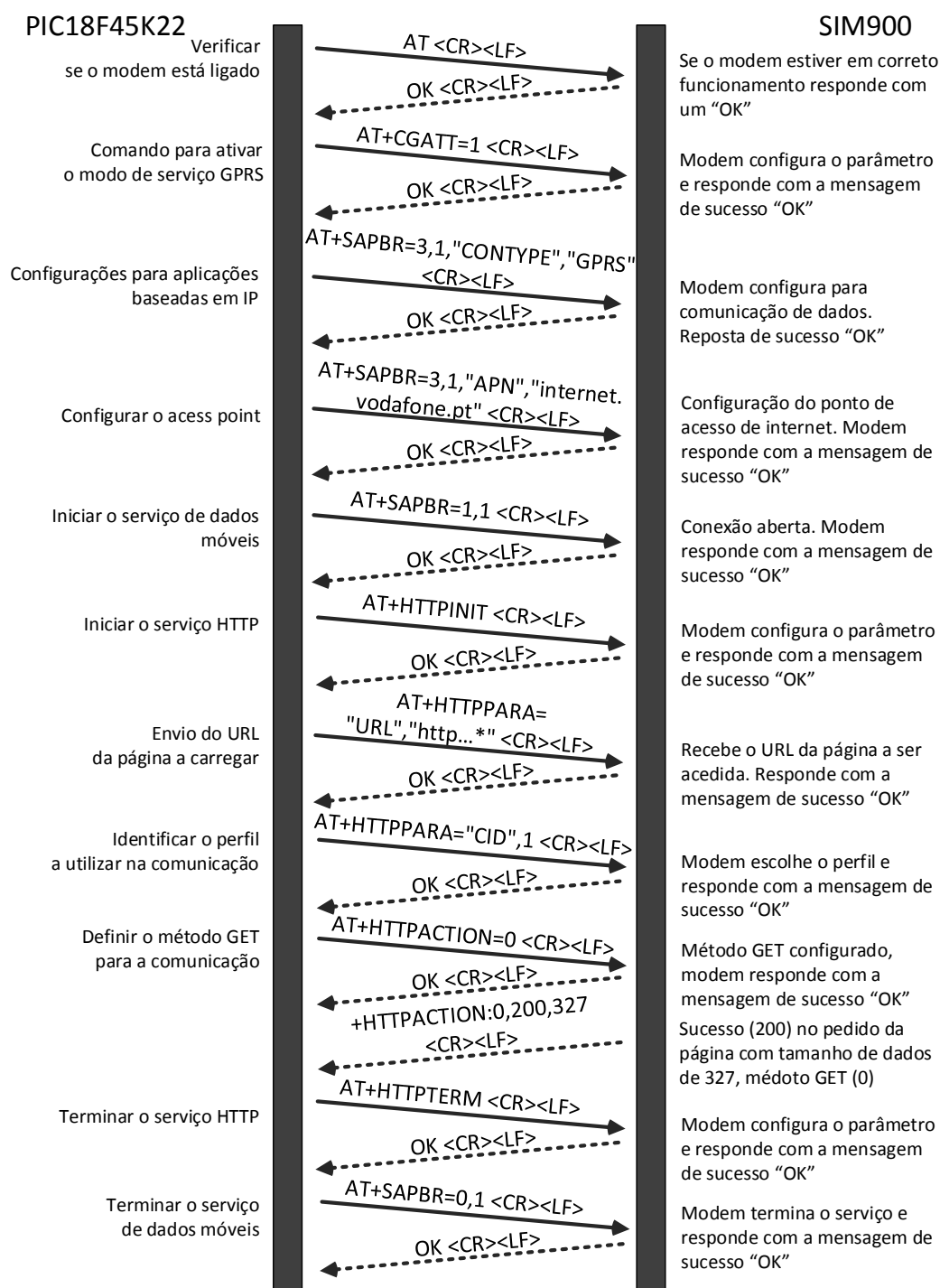
A utilização principal do *modem* SIM900 é a comunicação de dados pela rede móvel que permite o registo das informações recolhidas nos veículos na base de dados. Este registo está configurado pelo microcontrolador para ocorrer uma vez por minuto (*Timer1* = 60 segundos), o que equivale a cerca de 1400 registos por dia, pelo que a utilização de SMS poderia encarecer o sistema. A quantidade de dados enviados por registo é muito pequena, apenas algumas dezenas de bytes, pelo que a utilização dos dados móveis, com um tarifário apropriado, é a solução mais económica.

Para a comunicação por dados móveis é necessário efetuar a troca de várias mensagens com comandos AT entre o microcontrolador e o *modem*. Este é um processo complexo e na figura 4.14 está representada as interações entre os intervenientes.

As mensagens trocadas entre o microcontrolador e o *modem* utilizam a mesma sintaxe AT que terminam com o envio do <CR><LF>, contudo os comandos trocados são diferentes dos utilizados para o envio de SMS. O processo para o envio das informações para a base de dados, usando GPRS consiste:

1. O microcontrolador envia o comando “AT <CR><LF>” para o *modem* a fim de verificar se este se encontra operacional. Se este estiver em correto funcionamento envia a mensagem “OK <CR><LF>” como resposta.
2. A mensagem “AT+CGATT=1 <CR><LF>” enviada pelo microcontrolador permite configurar o *modem* para o modo de comunicação de dados móveis, GPRS. Se a execução for bem sucedida, o *modem* responde com a mensagem “OK <CR><LF>”.

²ASCII - *American Standard Code for Information Interchange* é um código binário que codifica um conjunto de sinais, como os caracteres de escrita, utilizado para representar textos em computadores e equipamentos de comunicação.



* <http://rfm.noip.me/rfm/00az99.php?t=00:00:00&la=4045.24993&lad=N&lo=00838.05762&lod=W&h=0010.3&v=000.659&temp=015.4&door=1>

Figura 4.14: Diagrama de interação para comunicação por dados móveis

3. O comando “AT+SAPBR=3,1,"CONTYPE","GPRS"” contém vários campos que podem ser utilizados com diferentes finalidades. O número “3” define que o comando é uma definição de parâmetros para a conexão; o número “1” define que os parâmetros são guardados no perfil 1; o “CONTYPE” é o comando para especificar o tipo de conexão de internet, especificada pelo último termo “GPRS”. Se as configurações forem aplicadas com sucesso o *modem* responde com a mensagem “OK <CR><LF>”.
4. O microcontrolador envia um comando parecido ao anterior mas que permite escolher o ponto de acesso. O comando é “AT+SAPBR=3,1,"APN","internet.vodafone.pt"”, sendo que este indica uma definição de parâmetros (número “3”) para o perfil 1, onde é definido o “APN” como sendo “internet.vodafone.pt”, uma vez que o cartão utilizado é da operadora Vodafone. O sucesso da aplicação das configurações é indicada pela mensagem de resposta “OK <CR><LF>” enviada pelo *modem*.
5. O comando “AT+SAPBR=1,1” dá a indicação para o *modem* iniciar o serviço de dados (número 1) móveis definido com o perfil 1 (segundo número 1). Uma vez executado, este responde ao microcontrolador com a mensagem “OK <CR><LF>”.
6. É realizado o pedido para o início do serviço utilizando o protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) através do comando “AT+HTTPIPINIT”. Em caso de sucesso, a resposta do *modem* é a mensagem “OK <CR><LF>”.
7. De seguida a mensagem “AT+HTTTPARA="URL","http://...*"” é enviada pelo microcontrolador para o *modem*, onde o * é preenchido pelo URL da página a que se pretende aceder. Em caso de sucesso o *modem* responde com a mensagem “OK <CR><LF>”. O URL está representado no fim da figura 4.14 e a sua constituição é:
 - **http://rfm.noip.me/rfm/00az99.php** - URL da página a que se pretende aceder
 - **t=00:00:00** - hora da obtenção dos dados pelo GPS.
 - **la=4045.24993** - parâmetro latitude da localização do veículo em graus (40°), minutos (45’) e décimas do minuto (0.24993’).
 - **lad=N** - leitura da latitude a norte (N) do equador.
 - **lo=00838.05762** - longitude da localização do veículo em graus (08°), minutos (38’) e décimas do minuto (0.05762’).
 - **lod=W** - leitura da longitude a oeste (W) do *Meridiano de Greenwich*.
 - **h=0010.3** - altitude a que o veículo se encontra em relação ao nível média da água do mar, em metros.
 - **v=000.659** - velocidade instantânea obtida pelo GPS, em quilómetros por hora.
 - **temp=015.4** - temperatura em graus Celsius, obtida pelo MCP9700 no “Módulo reboque”.
 - **door=1** - estado da porta obtido no “Módulo reboque”, interpretado na página *web* como porta fechada.
8. A mensagem com o comando “AT+HTTTPARA="CID",1” indica o perfil a ser utilizado para a ligação à página com URL descrito anteriormente. O perfil escolhido é o 1. O *modem* responde com a mensagem “OK <CR><LF>” em caso de sucesso.

9. O microcontrolador envia a mensagem “AT+HTTPACTION=0” para o *modem*. Esta mensagem define o método GET (número 0) como o utilizado para a transmissão de dados (no método GET os dados requeridos pela página estão contidos no URL). Em caso de sucesso, o *modem* responde com a mensagem “OK <CR><LF>”. Existe um intervalo de espera em que o *modem* está a fazer a ligação à página e, quando esta é acedida, o *modem* envia para o microcontrolador a mensagem “+HTTPACTION: 0,200,327 <CR><LF>”. O número 0 indica o método utilizado (GET); o número 200 indica que o pedido foi efetuado com sucesso (200 corresponde ao *status* OK) e o número 327 é variável e corresponde ao tamanho da página acedida.
10. A mensagem “AT+HTTPTERM”, enviada pelo microcontrolador, executa o pedido para terminar o serviço HTTP. O *modem* responde com “OK <CR><LF>” indicando o sucesso da operação.
11. Por fim, o comando “AT+SAPBR=0,1” enviado pelo microcontrolador indica o pedido para terminar o serviço de dados móveis (número zero) do perfil 1 configurado. Em caso de sucesso o *modem* responde com a mensagem “OK <CR><LF>”.

Como as comunicações são efetuadas de minuto a minuto, o autor decidiu promover a ativação e desativação dos dados móveis a cada envio de dados, evitando possíveis ligações desconhecidas enquanto em tempo de espera o que poderia implicar custos de comunicação adicionais.

Em qualquer etapa do processo pode existir uma falha, por exemplo por falta de rede. Neste caso o microcontrolador procede ao reenvio do comando, várias vezes, até no limite ser atingido o *timeout* definido pelo *Timer3*. Nesta situação o microcontrolador desiste do envio, é ativado, então, o *led* vermelho e o microcontrolador segue com a execução das suas tarefas.

Caso o envio falhe 3 vezes consecutivas, o microcontrolador está instruído para promover o reiniciar do *modem*. Para isso é aproveitado o facto do *modem* ser iniciado automaticamente recorrendo a um pino do microcontrolador, explicado anteriormente. Este processo pode ser utilizado para desligar o *mesmo*, isto é, se o processo for aplicado com o *modem* ativo este promove o encerramento do mesmo. Uma vez desligado o *modem*, o microcontrolador reconhece este estado e executa novamente o procedimento para o ligar. Desta forma é garantida que uma falha de comunicação não prenda o *software* em determinada etapa e consequentemente exista uma perda de informações do veículo.

Os registos na base de dados são efetuados quando o *Timer1* atinge os 60 segundos. Contudo, uma vez que este *timer* é desligado quando os dados estão a ser adquiridos e quando estão a ser enviados pelo *modem* (o que pode demorar alguns segundos) o registo na base de dados não será exatamente de 1 em 1 minuto, mas sim com períodos de intervalo de 1 minuto e alguns segundos (no máximo 1 minuto e 25 segundos, devido ao *timeout* definido de 25 segundos).

As informações a ser enviadas para a base de dados estão contidas no URL. Ao aceder à página <http://rfm.noip.me/rfm/00az99.php> um *script* PHP é executado. Este *script* conecta à base de dados e regista os valores enviados no URL, obtidos no PHP através do método GET.

O termo “00az99.php” é o nome do ficheiro que é acedido para registo dos dados e corresponde à matrícula do veículo em que o sistema se encontra. Este nome é configurado no *software* aquando da instalação do sistema no veículo. No servidor é necessária a criação do ficheiro que contém o *script* PHP, com o mesmo nome, que permite a ligação à base de dados e o registo das informações do veículo. Assim, cada veículo tem um ficheiro de registo próprio, identificado pela sua matrícula.

4.3 Unidade central

A “Unidade central” é constituída por um computador que funciona como servidor, onde se encontram a base de dados e a página *web*. Este computador está ligado à internet e é acedido pelo *modem* para o registo dos dados e por qualquer pessoa que pretenda aceder à página *web*.

Para a integração da base de dados e da página *web* é utilizado o *Xampp*, programa este que integra um conjunto de servidores, entre os quais o servidor *Web Apache*, o servidor de base de dados *MySQL* através da interface *phpMyAdmin* e um interpretador PHP, todos necessários para o correto funcionamento desta unidade. A principal vantagem da utilização deste programa é o facto de este ser um programa *free*, não necessitando de licença de utilização com custos associados [71].

A figura 4.15 apresenta as interações que existem na “Unidade central”, identificando todos os intervenientes quando um registo é efetuado e quando um acesso à página *web* é efetuado.



Figura 4.15: Diagrama de interação do cliente (página *web*) com a “Unidade central”

Quando a “Unidade veículo” promove o envio de informações para a base de dados esta realiza uma ligação à internet, onde é acedida uma página com um *script* PHP, alojada no servidor. Estas páginas com PHP necessitam de um interpretador, o qual é provido com a utilização do *Apache*. É este *script* que permite, através do método *GET*, recolher as informações do veículo que estão integradas no URL a que o *modem* acedeu, com a ligação à base de dados para promover o seu registo nesta.

A outra interação existente acontece quando a página *web* é acedida pela “Unidade cliente”. A *webpage* é desenvolvida tendo por base HTML nas várias páginas, utilizando o CSS para desenvolver a estética da mesma. Contudo, as páginas de consulta contêm *scripts* PHP que

permitem a interação com a base de dados e o acesso às informações contidas nesta. A página *web* contém, também, um *script* em *Java*, que é interpretado pelo *browser* do cliente e que permite a construção do mapa com a localização do veículo.

Nesta implementação, o servidor foi o antigo computador pessoal do autor, configurado para utilização como servidor. Existe a possibilidade da “Unidade central” ser alojada em servidores externos, contudo é objetivo da presente dissertação a existência de um servidor alojado na empresa transportadora, minimizando assim os custos. Este servidor apenas necessita da instalação do *XAMPP*, de configurações do sistema operativo para permitir o acesso ao mesmo e necessita de ter uma boa conexão com a internet, a fim de promover uma boa experiência nas consultas de informações efetuadas pelos clientes.

4.3.1 Base de dados

De forma a criar um local onde os dados estejam guardados e acessíveis a qualquer hora, criando uma ligação entre a aquisição de dados no veículo e a sua apresentação na página *web*, foi concebida uma base de dados. A principal razão para recorrer à base de dados, mais especificamente ao *MySQL*, consistiu na possibilidade de criar históricos das viagens de forma simples e a acessibilidade multiplataforma para a gestão deste tipo de base de dados.

A base de dados criada tem o nome “company” e é constituída por diversas tabelas que guardam diferentes informações, existindo três grandes tipos: dados dos utilizadores, com a tabela “usuarios”; dados da frota na tabela “trucks”; e dados das viagens nas tabelas “...data”, “...localizacao” e “...estado”, onde as reticências correspondem à matrícula do veículo e à data da viagem. As tabelas existentes, bem como os seus campos, estão representadas na figura 4.16.

Para a visualização de todas as informações do veículo é necessário a existência de um registo do utilizador na página *web* e consequente presença deste na base de dados. As informações do registo de utilizadores são guardadas na tabela “usuarios”, apresentada na figura 4.16. Os campos existentes nesta tabela correspondem a dados pessoais exigidos aquando do registo do novo utilizador através da página *web*, exceto o *id* e o *level*. Os campos existentes são:

- **id** - incrementado automaticamente cada vez que um novo utilizador é registado;
- **usu_nome** - nome do utilizador;
- **usu_email** - email do utilizador;
- **usu_pass** - *password* do utilizador;
- **empresa** - empresa a que o utilizador pertence;
- **nif** - número de contribuinte do utilizador;
- **telf** - número de telefone do utilizador (empresa);
- **telm** - número de telemóvel do utilizador;
- **level** - nível de permissões. Apenas o administrador tem a permissão diferente de zero.

Na tabela “trucks”, também apresentada na figura 4.16, estão guardados dados sobre os veículos que a transportadora possui. Os campos a preencher nesta tabela são:

- **id** - incrementado automaticamente cada vez que um novo veículo é registado;

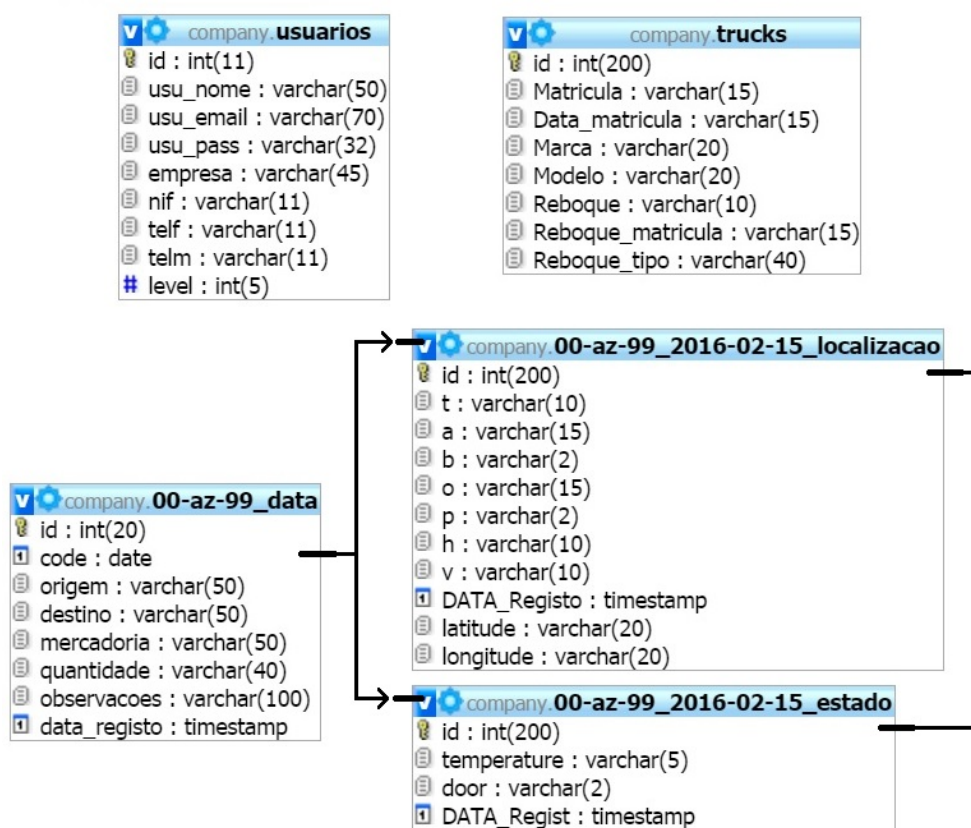


Figura 4.16: Tabelas da base de dados *company*

- **Matrícula** - identificação do veículo recorrendo à sua matrícula;
- **Data_matricula** - dia, mês e ano em que o veículo foi matriculado;
- **Marca** - marca do veículo;
- **Modelo** - modelo do veículo;
- **Reboque** - se possui reboque ou não;
- **Reboque_matricula** - identificação do reboque recorrendo à sua matrícula;
- **Reboque_tipo** - tipo de reboque que permite identificar a que tipo de transporte este se destina.

As restantes três tabelas contêm informações sobre as mercadorias e as viagens que os veículos fazem, estando relacionadas entre si. A tabela “00-az-99_data”, apresentada em detalhe e com três exemplos na figura 4.17, contém informações sobre todas as viagens que o veículo com a matrícula 00-AZ-99 efetuou, bem como as informações sobre a mercadoria transportada.







	id	code	origem	destino	mercadoria	quantidade	observacoes	data_registo
<input type="checkbox"/>  	1	2016-02-15	Murtosa	Aveiro	Água	5000L	Produto essencial	2016-02-15 15:58:24
<input type="checkbox"/>  	2	2016-02-16	Lisboa	Porto	Pics	156487613 pieces	Frágil	2016-02-16 07:40:58
<input type="checkbox"/>  	3	2016-02-16	Aveiro	Paris	Palha	500kg	Boa qualidade	2016-02-16 17:41:30

Figura 4.17: Tabela “dados” - contém o histórico sobre as mercadorias transportadas pelo veículo com matrícula 00-AZ-99

A tabela “...data” é proprietária do veículo, isto é, cada veículo tem uma tabela destas a si associado. Se um novo veículo for adquirido pela transportadora, além do seu registo na tabela “trucks”, é criada a tabela “...data”. Esta tabela será atualizada sempre que o veículo iniciar uma nova viagem, altura esta em que é necessário preencher os dados requeridos. Os campos existentes nesta tabela são:

- **id** - incrementado automaticamente cada vez que uma nova viagem é registada;
- **code** - data do registo da viagem. Este campo é utilizado, juntamente com a matrícula do veículo, na criação das tabelas “localização” e “estado”, estando presente no nome das tabelas;
- **origem** - local de origem da mercadoria a ser transportada;
- **destino** - destino da mercadoria transportada;
- **mercadoria** - descrição do tipo de mercadoria;
- **quantidade** - a quantidade de mercadoria transportada;
- **observacoes** - local para inserir observações que sejam pertinentes;
- **data_registo** - campo inserido automaticamente que contém a data e hora, do servidor, em que o registo foi efetuado.

O nome da tabela “...localizacao” contém a matrícula do veículo e a data de início da viagem. Assim, cada vez que uma nova viagem é inserida na tabela “...data” é criada uma tabela de localização, o que permite dividir a pesquisa por viagens e facilitar a reprodução das rotas. O registo da viagem do veículo 00-AZ-99 iniciada em 2016-02-15 origina uma tabela de localização denominada “00-az-99_2016-02-15_localizacao”, cuja estrutura é a representada na figura 4.18, preenchida com 6 exemplos reais de uma viagem.

			id	t	a	b	o	p	h	v	DATA_Registo	latitude	longitude
<input type="checkbox"/>			4	15:19:35	4045.25182	N	00838.05098	W	100	20	2016-02-17 15:19:35	40.754197	-8.634183
<input type="checkbox"/>			5	15:20:25	4045.25908	N	00838.01901	W	100	20	2016-02-17 15:20:55	40.754318	-8.633650
<input type="checkbox"/>			6	15:21:35	4045.50094	N	00837.99902	W	100	20	2016-02-17 15:22:05	40.758349	-8.633317
<input type="checkbox"/>			7	15:22:50	4045.62641	N	00837.99662	W	100	20	2016-02-17 15:23:20	40.760440	-8.633277
<input type="checkbox"/>			8	15:24:11	4045.71826	N	00837.92432	W	100	20	2016-02-17 15:24:27	40.761971	-8.632072
<input type="checkbox"/>			9	15:25:14	4045.70944	N	00837.27891	W	100	20	2016-02-17 15:25:41	40.761824	-8.621315

Figura 4.18: Tabela “...localizacao” - contém os dados de localização do veículo com a matrícula 00-AZ-99, na viagem iniciada a 2016-02-15

Os campos apresentados são de preenchimento automático efetuado pelo *script* PHP quando o “Sistema veículo” promove o envio das informações para a base de dados através do *modem*. Os campos a preencher na tabela “...localizacao” são:

- **id** - incrementado automaticamente cada vez que um novo registo é efetuado;
- **t** - hora da obtenção dos dados pelo GPS;
- **a** - latitude da localização do veículo, em graus, minutos e décimas do minuto;
- **b** - leitura da latitude a norte (N) do equador;
- **o** - longitude da localização do veículo em graus, minutos e décimas do minuto;
- **p** - leitura da longitude a oeste (W) do *Meridiano de Greenwich*;
- **h** - altitude a que o veículo se encontra em relação ao nível média da água do mar, em metros;
- **v** - velocidade instantânea obtida pelo GPS, em quilómetros por hora;
- **DATA_Registo** - campo inserido automaticamente que contém a data e hora, do servidor, em que o registo foi efetuado;
- **latitude** - latitude da localização do veículo, convertida para coordenadas decimais. Conversão efetuada pelo *script* PHP aquando do registo, necessário para a representação em mapa;
- **longitude** - longitude da localização do veículo, convertida para coordenadas decimais.

Ao mesmo tempo que a tabela “...localizacao” é concebida, também é criada uma tabela “...estado. No exemplo apresentado foi originada a tabela “00-az-99_2016-02-15_estado” que guarda as informações da mercadoria obtidas do veículo 00-AZ-99 na viagem iniciada em 2016-02-15. A figura 4.19 apresenta a estrutura, em detalhe, da tabela “...estado”.

			id	temperature	door	DATA_Regist
<input type="checkbox"/>			4	18	1	2016-02-17 15:19:35
<input type="checkbox"/>			5	18	0	2016-02-17 15:20:55
<input type="checkbox"/>			6	17	0	2016-02-17 15:22:05
<input type="checkbox"/>			7	17	0	2016-02-17 15:23:20
<input type="checkbox"/>			8	16	0	2016-02-17 15:24:27
<input type="checkbox"/>			9	15	0	2016-02-17 15:25:41

Figura 4.19: Tabela “...estado” - contém os dados da mercadoria transportada no veículo com a matrícula 00-AZ-99, na viagem iniciada a 2016-02-15

Os campos apresentados são de preenchimento automático efetuado da mesma forma e no mesmo momento que a tabela “...localizacao”. Os campos a preencher na tabela “...estado” são:

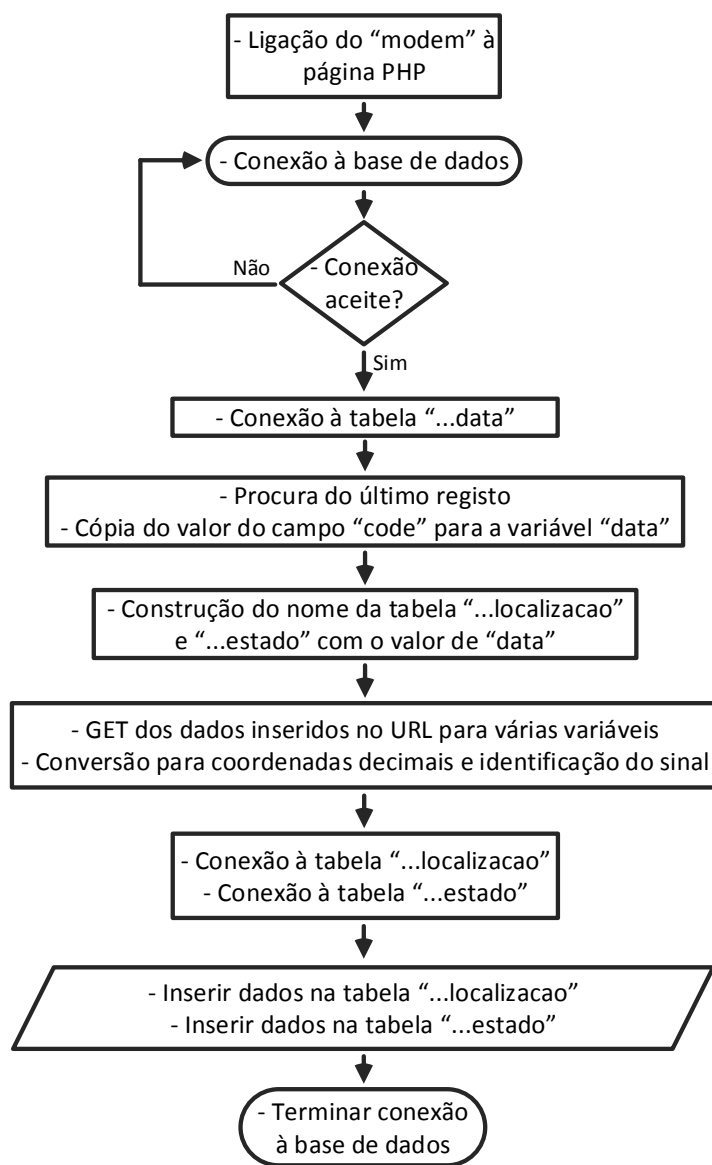
- **id** - incrementado automaticamente cada vez que um novo registo é efetuado;
- **temperature** - temperatura em graus Celsius na “Unidade veículo”;
- **door** - estado da porta obtido no “Unidade veículo”. O número 1 é interpretado na página *web* como porta aberta, enquanto que o 0 corresponde a porta fechada;
- **DATA_Registo** - campo inserido automaticamente que contém a data e hora, do servidor, em que o registo foi efetuado.

O nome das tabelas “...localizacao” e “...estado” são automaticamente gerados tendo em conta o campo *code* da tabela “...data”, sendo estas tabelas criadas sempre que um registo de uma nova viagem é inserido na tabela “...data”. O *script* PHP está instruído para verificar o campo *code* da tabela “...data” a fim de efetuar os registos das informações nas novas tabelas “...localizacao” e “...estado” de forma autónoma. Estas tabelas estão relacionadas pelo campo *id* visto que uma linha de informação com o mesmo *id*, em tabelas diferentes, corresponde a uma mesma hora de aquisição dos dados. Estas tabelas poderiam ser uma só contudo, a separação permite salvaguardar casos em que poderá não existir um “Módulo reboque”, dispensando assim a tabela “...estado” e evitando a existência de campos em vazio na base de dados.

O fluxograma da figura 4.20 representa o processo de registo das informações na base de dados através da execução do *script* PHP.

Na explicação será utilizado o exemplo para o veículo com matrícula 00-AZ-99 e viagem no dia 2016-02-15. Sucintamente, quando o *modem* efetua uma ligação à página *web* que contém o *script* PHP, este promove a conexão à base de dados “company”. Se a conexão não for aceite, uma nova tentativa é efetuada, caso seja aceite é efetuada uma conexão à tabela “00-az-99_data”. Nesta tabela é procurada a última linha, que contém o último registo efetuado e que corresponde à última viagem registada, de onde é retirado o campo *code*, correspondente à data do registo e guardado na variável *data* (a variável *data* tem, então, o valor 2016-02-15). De seguida, esta variável é utilizada para a assemblagem do nome das tabelas onde serão registadas as informações, ficando-se com o resultado de “00-az-99_2016-02-15_localizacao” e “00-az-99_2016-02-15_estado”. Este passo é necessário uma vez que a cada nova viagem registada na tabela “...data” são criadas novas tabelas “...localizacao” e “...estado”.

Posteriormente, são retiradas as informações contidas no URL utilizado para aceder à página através do método *GET*, informações estas que são guardadas em variáveis do *script*. São efetuados os cálculos para a conversão das coordenadas de graus e minutos para coordenadas decimais,

Figura 4.20: Fluxograma do processo executado pelo *script* PHP

bem como a identificação do sinal (positivo ou negativo) recorrendo às letras recebidas do GPS (N, S, E e W). De seguida é efetuada a conexão às tabelas “00-az-99_2016-02-15_localizacao” e “00-az-99_2016-02-15_estado” e são inseridas as informações guardadas nas variáveis nos diversos campos destas tabelas. No fim é terminada a conexão à base de dados.

O Anexo H apresenta excertos do código do *script* PHP utilizado para o registo das informações na base de dados.

4.3.2 Página web

A página *web* tem como principal objetivo a facilidade na visualização do estado do veículo em tempo real, sendo também utilizada em funções administrativas (registos de novas viagens). O desenvolvimento da página *web* recorre à utilização de diversos tipos de linguagem de programação, como HTML (*HyperText Markup Language*), PHP (*Hypertext Preprocessor*), XML (*eXtensible Markup Language*) e JavaScript.

Desta forma, foi criada uma página *web* que simula a página de uma empresa transportadora na qual é integrada a opção de *tracking* dos veículos. Existe a área reservada, que necessita de *login* para o acesso a mais informações sobre o veículo. A procura dos dados relativos a determinada viagem realizada por determinado veículo é efetuada através de um código, código este que é gerado automaticamente aquando do registo de uma nova viagem. A administração, responsável por este registo, tem de fornecer o código ao cliente de forma a possibilitar que este tenha acesso às informações do veículo, e consequente, das suas encomendas. Neste capítulo apenas são apresentadas duas imagens do *website*, sendo as restantes remetidas para o Anexo I.

Inicialmente, quando o utilizador acede à página *web* através do <http://rfm.noip.me> é direcionado para a página *main*, representada na figura 4.21, sendo esta a página de apresentação da empresa transportadora. No topo existe uma imagem com o nome da empresa (TCT - *Truck and Car Track*) e um menu onde é possível aceder às diferentes páginas do *website*. No corpo da página existe uma apresentação da empresa, dos produtos por si desenvolvidos e das vantagens da sua utilização, sendo que o botão “Read More” redireciona para a página de tecnologias. Existe, também, um *slide* onde se encontram diferentes imagens relativas à empresa a passar, frisando que o sistema desenvolvido pode ser aplicado a empresas transportadoras e também a particulares, caso estes queiram saber a localização dos seus veículos pessoais. Em rodapé existem hiperligações para a página de contactos, as redes sociais, a entidade envolvida no projeto (Universidade de Aveiro) e contém, ainda, o nome do autor da página *web*.

A página denominada “Tecnologias” apresenta, de forma mais detalhada, os produtos desenvolvidos pela TCT. Esta página, apresentada nas figuras I.2 e I.3 do Anexo I, faz uma descrição do produto, dividindo-o em dois: “Produto simples” cuja “Unidade veículo” é constituída apenas pelo “Módulo habitáculo”, não existindo a obtenção de dados da mercadoria, e o “Produto composto” que consiste na integração do “Módulo reboque”. No fim da página são apresentadas, de forma sucinta, algumas das tecnologias utilizadas nos produtos desenvolvidos.

A página **“Tracking”* funciona, como indica o nome, como um sistema de *tracking* de encomendas. Esta página possui uma caixa de procura que está representada na figura I.1 do Anexo I, onde qualquer pessoa que possua um código válido sobre determinada viagem pode efetuar essa procura nesta página, sem ser necessário efetuar o *login*. A procura retorna a página apresentada na figura I.4 do Anexo I, onde é possível visualizar, em tempo real e sobre o mapa (*Google Maps*), a localização, a temperatura e o estado da porta do veículo.

Para mais informações sobre o veículo, é necessário efetuar o *login*. Para tal existe a página “Login” apresentada na figura I.6 do Anexo I. Para efetuar o *login* é necessário estar registado,



Figura 4.21: Webpage - página inicial

sendo que este é efetuado com o *email* e *password* definidos aquando o registo. Caso o utilizador ainda não esteja registado, existe uma hiperligação na página “Login” que redireciona o utilizador para a página “Registo”, representada na figura I.7 do Anexo I. Nesta página existem diversos campos que necessitam de ser preenchidos para se efetuar o registo: *Nome*, *Email*, *Password*, *Empresa*, *NIF*, *Telefone* e *Telemóvel*. Ainda na página “Login”, existe uma hiperligação denominada *Esqueceu a password?* que redireciona o utilizador para uma página onde é possível recuperar a sua *password* de acesso à área restrita utilizando o email.

Os contactos da empresa são apresentados na página “Contactos”, I.5 do Anexo I. É apresentada uma imagem das instalações, os contactos, a morada e a localização em *Google Maps*, sendo que no sistema desenvolvido estes dados correspondem à Universidade de Aveiro.

Após efetuado o *login*, uma página inicial é apresentada. Para o utilizador comum esta página não contém nenhuma informação, possui apenas uma barra lateral com hiperligações para as restantes opções, como visível na figura I.8 do Anexo I. No caso do *login* efetuado como administrador, esta página de início contém um botão intitulado *Inserir novo registo* que redireciona o administrador para a página apresentada na figura I.12 do Anexo I. Esta página permite o registo de novas viagens, através do preenchimento dos campos requeridos: *Matrícula* do veículo a efetuar a viagem, local de *Origem*, local de *Destino*, *Mercadoria* transportada, *Quantidade* e um campo para introdução de *Observações*. Ao clicar no botão *Registar*, os dados são introduzidos na tabela “...data” e novas tabelas “...localizacao” e “...estado” são criadas. Tomando como exemplo a viagem do veículo com matrícula 00-AZ-99 no dia 2016-02-15, um novo registo com o *code* “2016-02-15” será inserido na tabela “00-az-99_data” e as tabelas “00-az-99_2016-02-15_localizacao” e “00-az-99_2016-02-15_estado” serão criadas. É mostrada uma página com uma mensagem de sucesso na operação e é apresentada o código para pesquisa dos dados. Este código é formado automaticamente tendo em conta a matrícula do veículo e a data de registo da viagem obtendo-se, para o exemplo descrito, um código de pesquisa “00AZ99Y2016M02D15”. Este código tem de ser guardado pelo administrador e posteriormente cedido ao cliente.

Na área reservada existem quatro páginas. A página “Procurar produtos” permite ao utilizador procurar as informações sobre o veículo através do código fornecido. Após a procura, e caso o código exista, é apresentada a página representada na figura I.9 do Anexo I, onde existe uma tabela com informação da mercadoria transportada, no topo, e a meio existe uma tabela com as coordenadas, velocidade, temperatura, estado da porta e data de registo das informações na base de dados. Em baixo é apresentado, sobre o *Google Maps*, a localização atual do veículo e algumas informações sobre o mesmo. Esta página é semelhante à acedida sem *login*, adicionando apenas mais informações sobre a mercadoria transportada.

A página intitulada “Meus dados”, apresentada na figura I.11 do Anexo I, permite a visualização dos dados de utilizador, inseridos aquando do seu registo. Na página “Ver dados do trajeto”, apresentada na figura I.10 do Anexo I, são visíveis todos os dados recolhidos numa viagem, em tabelas. A tabela superior apresenta as características da viagem e da mercadoria transportada, enquanto que a página inferior apresenta todas as informações registadas na base de dados ao longo da viagem. Em cada linha são apresentadas as coordenadas, a velocidade, a temperatura e o estado da porta no momento em que o registo foi efetuado.

Um dos objetivos da representação em mapa, além da visualização da localização atual, é a criação de rotas ou, neste caso, a reprodução do trajeto efetuado pelos veículos. A página “Ver trajeto” apresentada na figura 4.22 permite a visualização, sobre o *Google Maps*, do trajeto efetuado pelo veículo com matrícula 00-AZ-99 no dia 2016-02-15, com início na Murtoza e término em Aveiro. Cada *pin* representa um registo efetuado na base de dados, existindo em cada um deles os dados apresentados nas tabelas da página “Ver dados do trajeto”, podendo

ser observados ao clicar em cada um dos pinos, como visível na figura. A caixa que aparece sobre o mapa, ao clicar num *pin*, apresenta: o número do registo (Ponto 31) e a data em que foi efetuado (2016-02-15 às 15:33:46); a temperatura (Temperatura: 16°C) e o estado da porta (Porta: Fechada); as coordenadas decimais da localização do veículo nesse momento (Coord: 40.646884, -8.653118) bem como o nome da rua dessas coordenadas (IP5, 3800, Portugal)³.

A representação dos *pins* permite ter uma perceção do trajeto, contudo o autor pretendeu efetuar a ligação entre estes. Os métodos mais simples permitiam a ligação dos *pin* dois a dois com retas, o que não respeitaria as estradas percorridas. Após a pesquisa foi decidido tirar partido da opção de traçamento de rotas do *Google Maps*, opção que permite ao utilizador comum utilizar o *Google Maps* como GPS. Nesta opção é possível introduzir pontos de interesse por onde a rota deverá passar, e foi tirando proveito desta opção que o autor promove o desenho da trajetória entre o ponto inicial (S - *start*) e o ponto final (E - *end*), tendo todos os *pins* representados como locais de interesse por onde passar. Este sistema possibilita o ajustamento da rota à estrada mais próxima, eliminando possíveis ambiguidades com coordenadas que, devido ao erro do GPS, possam estar situadas fora da estrada.

O recurso ao *Google Maps API* para a representação do mapa com a localização em tempo real prendeu-se com o facto de se tratar de código aberto disponível no *Google Developers*. O código apresentado, com exemplos, para a representação de uma localização (um *pin*) permite a compreensão do método utilizado e a sua reprodução, sendo necessário efetuar os devidos ajustes para o sistema do autor. O código desenvolvido para o traçar da trajetória é mais complexo, embora a base seja a mesma: são desenhado vários *pins* sobre o mapa, sendo posteriormente criada uma ligação, aproximada às estradas, entre estes *pins* [72, 73].

A maioria das páginas foi desenvolvida recorrendo apenas a linguagem HTML, e mesmo as que envolvem outras linguagens, tem como base o HTML. Nas páginas com acesso à base de dados é necessária a utilização do PHP, recurso que permite simplificar a interação entre a página *web* e a base de dados. Para a representação do mapa é necessário a utilização de JavaScript, uma vez que os exemplos apresentados no *Google Developers* assim o exigem, e requer ainda a utilização de XML. O XML é utilizado na criação de um ficheiro com diversas informações estruturadas que posteriormente são carregadas para o *Google Maps API*, possibilitando a criação de múltiplos *pins* de forma autónoma e rápida [74].

Todo o *website* foi desenvolvido com o recurso ao *software Dreamweaver*, um programa desenvolvido para a criação de páginas *web*. Este facilita a utilização de macros próprias da programação HTML e PHP, bem como a criação do formulário de *login* com vários níveis. Outra grande vantagem da sua utilização é a possibilidade de ver em tempo real as alterações efetuados no código. A ligação à base de dados também pode ser facilitada através da utilização deste programa se esta for fixa, isto é, a mesma para todas as ligações. Contudo, devido à interatividade das procuras cujas tabelas a serem consultadas variam de acordo com o código introduzido na pesquisa, esta ligação foi efetuada manualmente [75].

4.4 Análise de resultados

Nesta secção é apresentada uma breve análise do produto final obtido através da implementação do sistema.

Os testes efetuados ao sistema realizaram-se através da sua instalação num veículo, sendo efetuadas viagens e posteriormente consultados os dados. Uma das viagens efetuadas, já apre-

³Troço do antigo IP5, agora conhecida como A25. O nome é automaticamente inserido pelo *Google API*.

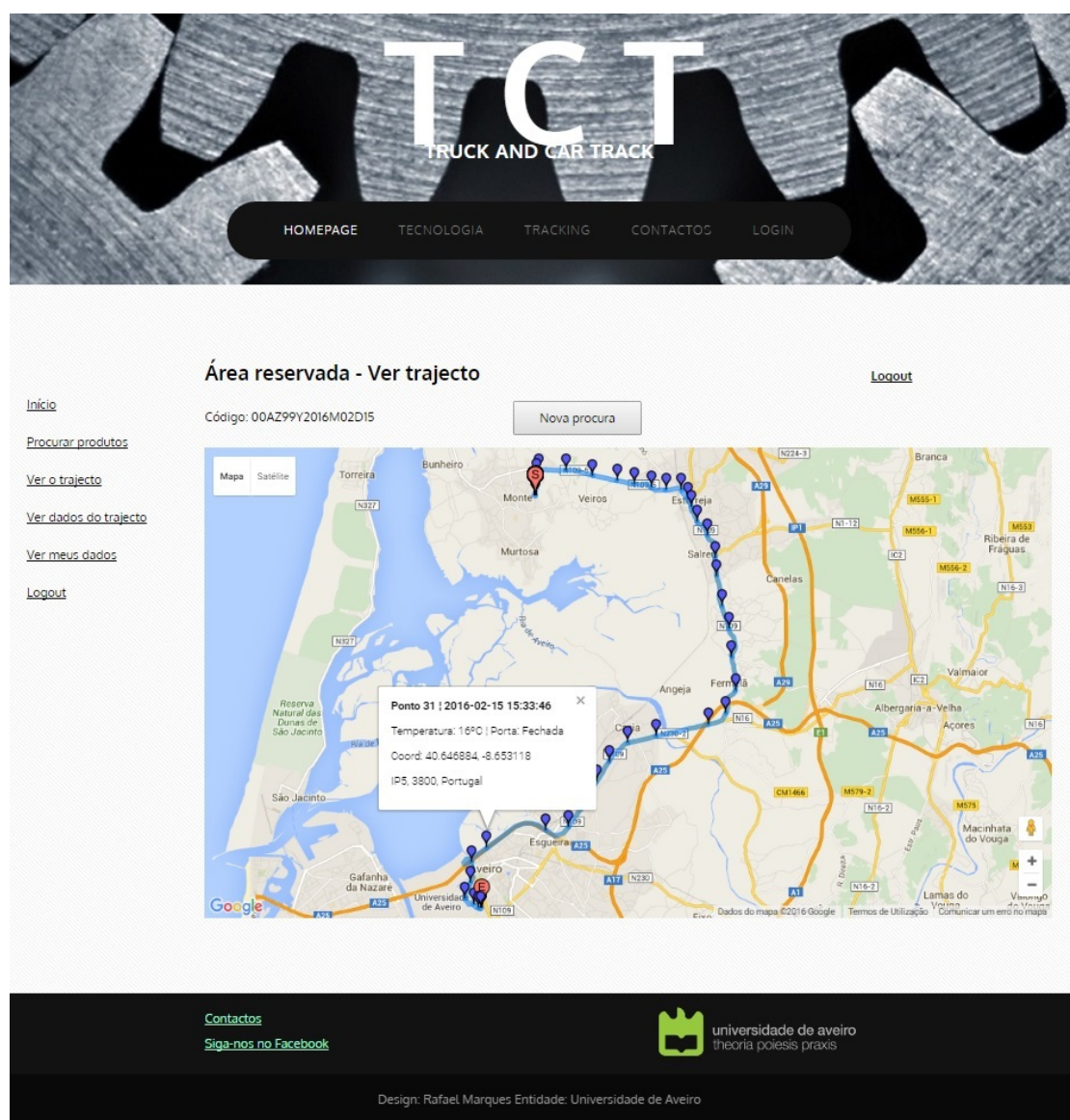


Figura 4.22: Webpage - página com o trajeto efetuado pelo veículo

sentada nos exemplos, foi efetuada entre a Murtosa e a Universidade de Aveiro. Para a análise dos resultados foi efetuada uma nova viagem entre os dois locais, sendo que foram registados dados nos dois sentidos, utilizando diferentes percursos. A viagem Murtosa-Aveiro foi efetuada no dia 2016-07-05 enquanto que o regresso foi efetuado no dia 2016-07-06.

O primeiro passo a ser efetuado consiste no registo de uma nova viagem na página *web* desenvolvida destinada à administração. A figura 4.23, em cima, apresenta as informações inseridas na página para efetuar o registo. Na viagem de regresso o mesmo processo foi efetuado, sendo apenas trocados os campos *Origem* e *Destino*. O resultado deste registo está visível na tabela “00-az-99_data” apresentada na mesma figura, em baixo.

Área reservada - Administração - Novo Registo

Matrícula: 00-AZ-99

Origem: Murtosa

Destino: Aveiro

Mercadoria: Sistema Tracking

Quantidade: 1

Observações: Experiência

Registrar

	id	code	origem	destino	mercadoria	quantidade	observacoes	data_registro
<input type="checkbox"/>	7	2016-07-05	Murtosa	Aveiro	Sistema Tracking	1	Experiência	2016-07-05 14:53:33
<input type="checkbox"/>	8	2016-07-06	Aveiro	Murtosa	Sistema Tracking	1	Experiência	2016-07-06 17:14:45

Figura 4.23: Inserir um registo de uma nova viagem, em cima, e seu resultado na base de dados, em baixo

Quando foi efetuado este registo, novas tabelas foram originadas. Na viagem Murtosa-Aveiro, do dia 2016-07-05, foram criadas as tabelas “00-az-99_2016-07-05_localizacao” e “00-az-99_2016-07-05_estado”, enquanto que a viagem de regresso, no dia seguinte, originou as tabelas “00-az-99_2016-07-06_localizacao” e “00-az-99_2016-07-06_estado”. Esta organização das tabelas facilita a recriação das rotas efetuadas a cada viagem. O primeiro registo originou o código para pesquisa 00AZ99Y2016M07D05 enquanto que o segundo originou o código 00AZ99Y2016M07D06.

Uma vez efetuado o registo e originadas as novas tabelas, apenas é necessário ligar o sistema, caso ainda não tenha sido ligado, e seguir viagem. No teste efetuado o “Módulo habitáculo” situa-se junto ao condutor e é alimentado pela tomada de isqueiro. O “Módulo reboque” foi colocado na mala do veículo, sendo a sua alimentação efetuada a partir de uma pilha de 9 V. A “Unidade veículo” começa a enviar informações para a “Unidade central” com a periodicidade de cerca de 1 minuto e 10 segundos.

A figura 4.24 apresenta 11 registos efetuados na tabela “00-az-99_2016-07-05_localizacao”, onde pela observação da coluna *DATA_Registo* é possível verificar a periodicidade com que os registos são efetuados, sem falhas. A coluna *t*, que corresponde ao horário de aquisição das coordenadas permite validar a periodicidade com que o sistema funciona, embora o fuso horário do GPS seja diferente (é configurável, mas não foi efetuado para não complicar ainda mais o

software). Recordando, o sistema está configurado para enviar as informações sempre que o *Timer1* atinja os 60 segundos, contudo este mesmo *timer* é desligado durante as leituras e os envios, ações que não demoram sempre o mesmo tempo, o que faz com que a periodicidade seja de 1 minuto e alguns segundos, variável. Uma vez que o registo é efetuado no mesmo instante, a tabela “00-az-99_2016-07-05_estado” apresenta uma periodicidade igual à apresentada.

		id	t	a	b	o	p	h	v	DATA_Registo	latitude	longitude
<input type="checkbox"/>		29	15:18:54	4042.65493	N	00829.74074	W	171.20	29.39	2016-07-05 16:19:18	40.7109155	-8.495679
<input type="checkbox"/>		30	15:20:04	4042.62325	N	00829.33820	W	155.60	43.80	2016-07-05 16:20:29	40.7103875	-8.48897
<input type="checkbox"/>		31	15:21:17	4042.27806	N	00829.35550	W	145.10	46.95	2016-07-05 16:21:42	40.7046343333	-8.4892583333
<input type="checkbox"/>		32	15:22:28	4042.11105	N	00829.96948	W	145.60	54.96	2016-07-05 16:22:58	40.7018508333	-8.4994913333
<input type="checkbox"/>		33	15:23:48	4041.74250	N	00830.78808	W	128.70	60.07	2016-07-05 16:24:13	40.6957083333	-8.5131346667
<input type="checkbox"/>		34	15:25:03	4041.24898	N	00831.34954	W	110.30	85.07	2016-07-05 16:25:28	40.687483	-8.5224923333
<input type="checkbox"/>		35	15:26:14	4041.09431	N	00832.29398	W	91.700	86.29	2016-07-05 16:26:49	40.6849051667	-8.538233
<input type="checkbox"/>		36	15:27:35	4041.44803	N	00833.45211	W	18.200	35.81	2016-07-05 16:28:00	40.6908005	-8.5575351667
<input type="checkbox"/>		37	15:28:51	4041.10381	N	00833.65352	W	8.9000	73.14	2016-07-05 16:29:15	40.6850635	-8.560892
<input type="checkbox"/>		38	15:30:01	4040.93285	N	00834.63448	W	15.800	52.72	2016-07-05 16:30:25	40.6822141667	-8.5772413333
<input type="checkbox"/>		39	15:31:11	4040.81254	N	00835.31867	W	16.600	42.48	2016-07-05 16:31:36	40.680209	-8.5886445

Figura 4.24: Registo das informações enviadas pela “Unidade veículo” e registadas na tabela “00-az-99_2016-07-05_localizacao”

Observando a figura e focando na coluna *v* que mostra a velocidade no momento da aquisição dos dados, existe um dois picos de cerca de 85 km/h, que correspondem a um pequeno troço de auto-estrada, seguido de um troço de estrada nacional antes da entrada na localidade. A altura, coluna *h*, diminui ao longo destes 11 registos devido a um troço em que é efetuada uma aproximação de uma zona interior, mais elevada, até a uma zona costeira, muito próxima da Ria de Aveiro.

A presença de dados em todos os campos das tabelas da base de dados indica que o sistema se encontrou, durante o teste, cem por cento operacional. Caso existisse alguma falha na aquisição de algum dado na “Unidade veículo”, ou algum problema da comunicação por radiofrequência entre os módulos, surgiriam campos em branco ou preenchidos com zeros, facto que não se verificou, garantido assim a total funcionalidade do sistema.

Tendo dados registados é possível efetuar a sua procura na página *web*. Uma procura pelos produtos, utilizando o código 00AZ99Y2016M07D05, obtém-se uma página com os dados da figura 4.25. Na primeira tabela são visíveis os dados que foram inseridos aquando o registo da viagem, apresentado na figura 4.23. A segunda tabela apresenta as informações relativas ao último registo efetuado pelo sistema na base de dados. É possível observar as coordenadas em que o veículo se encontra, assim como a velocidade, a temperatura e o estado da porta. Em baixo é apresentado o mapa com a localização do veículo, verificando que o veículo se situa no campus da Universidade de Aveiro, por trás do Departamento de Engenharia Mecânica. Uma janela, sobre o *pin*, apresenta os dados relevantes da viagem.

Efetuando agora a procura na página “Ver o trajeto” é possível observar todos os pontos registados ao longo da viagem, assim como a rota traçada entre estes pontos. A figura 4.26 apresenta o trajeto efetuado pelo veículo desde a Murtosa até Aveiro, passando pela zona industrial de Estarreja (*U* invertido, no topo) e pela zona industrial de Albergaria (*U* rodado à esquerda, na direita). A janela sobre o mapa (encontra-se desviada para poder ser visível a rota) contém as informações do ponto 29, visíveis ao clicar no *pin*, que são as mesmas que se encontram na figura 4.24. É possível observar o ponto inicial *S*, na Murtosa, e o ponto final *E*, na Universidade de Aveiro.

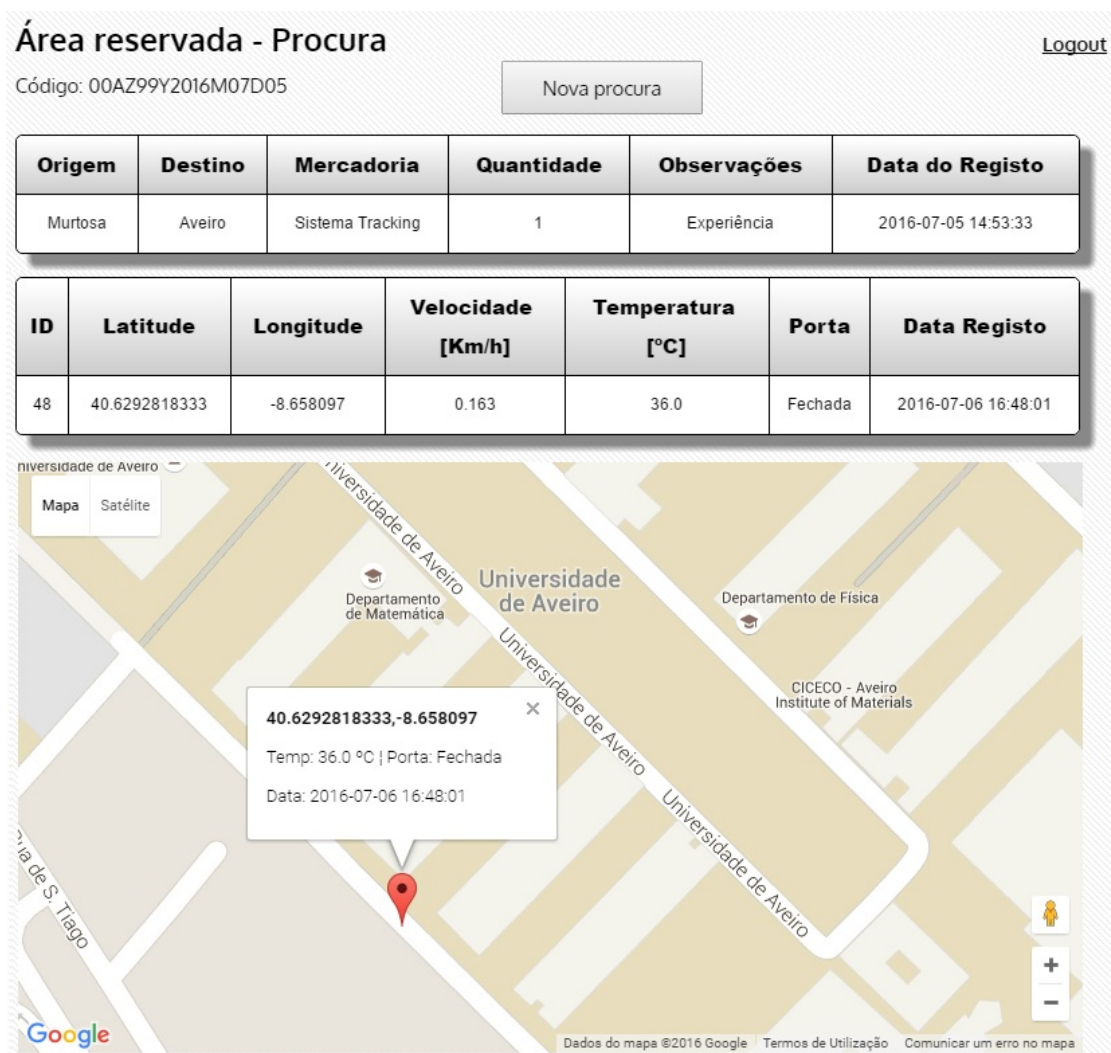


Figura 4.25: Procura do veículo através do código 00AZ99Y2016M07D05, obtendo as informações do último registo efetuado para essa viagem

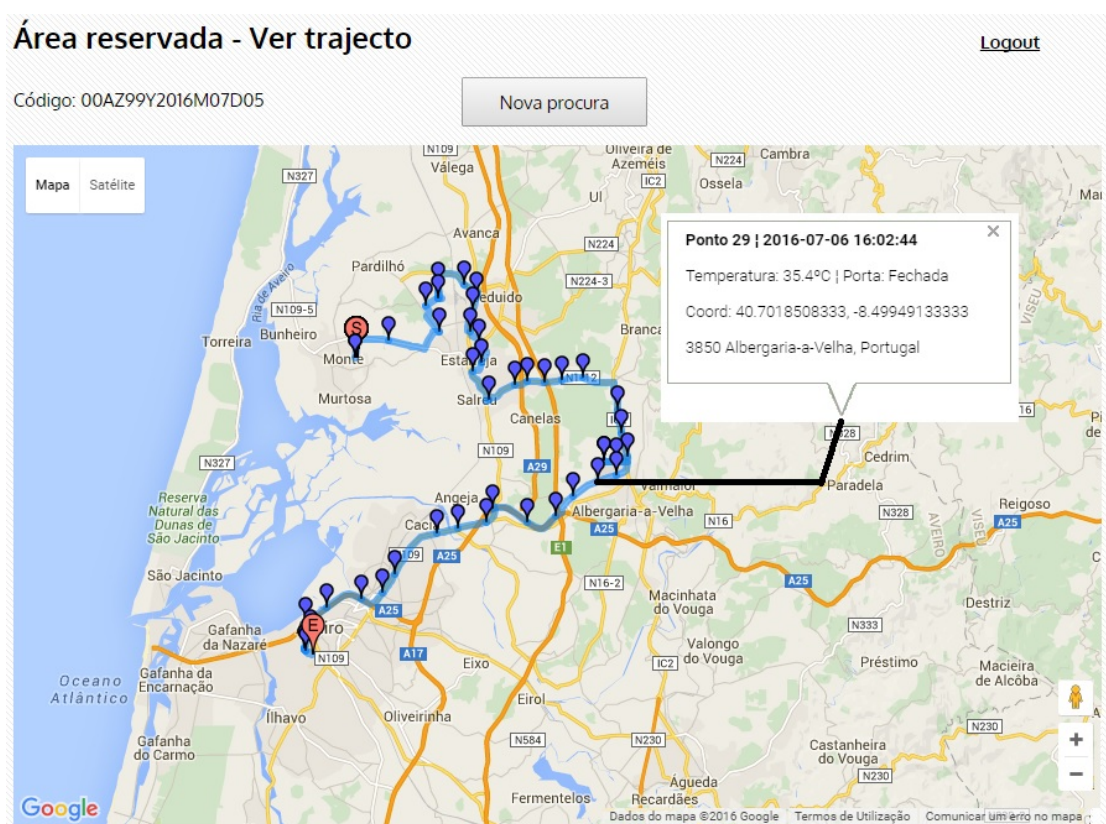


Figura 4.26: Trajeto do veículo na viagem com código 00AZ99Y2016M07D05

A viagem de regresso, efetuada entre Aveiro e Murtosa, está representada na figura 4.27. Este percurso foi efetuado entre o ponto inicial *S*, na Universidade de Aveiro, e o ponto final *E*, na Murtosa, sem a existência de desvios e utilizando a auto-estrada na primeira metade do percurso, o que se traduz em pontos mais compassados na parte inferior do mapa do que na parte superior do mapa (percurso urbano, com velocidade mais reduzida, os pontos correspondentes a registos a cada minuto encontra-se mais próximos uns dos outros).

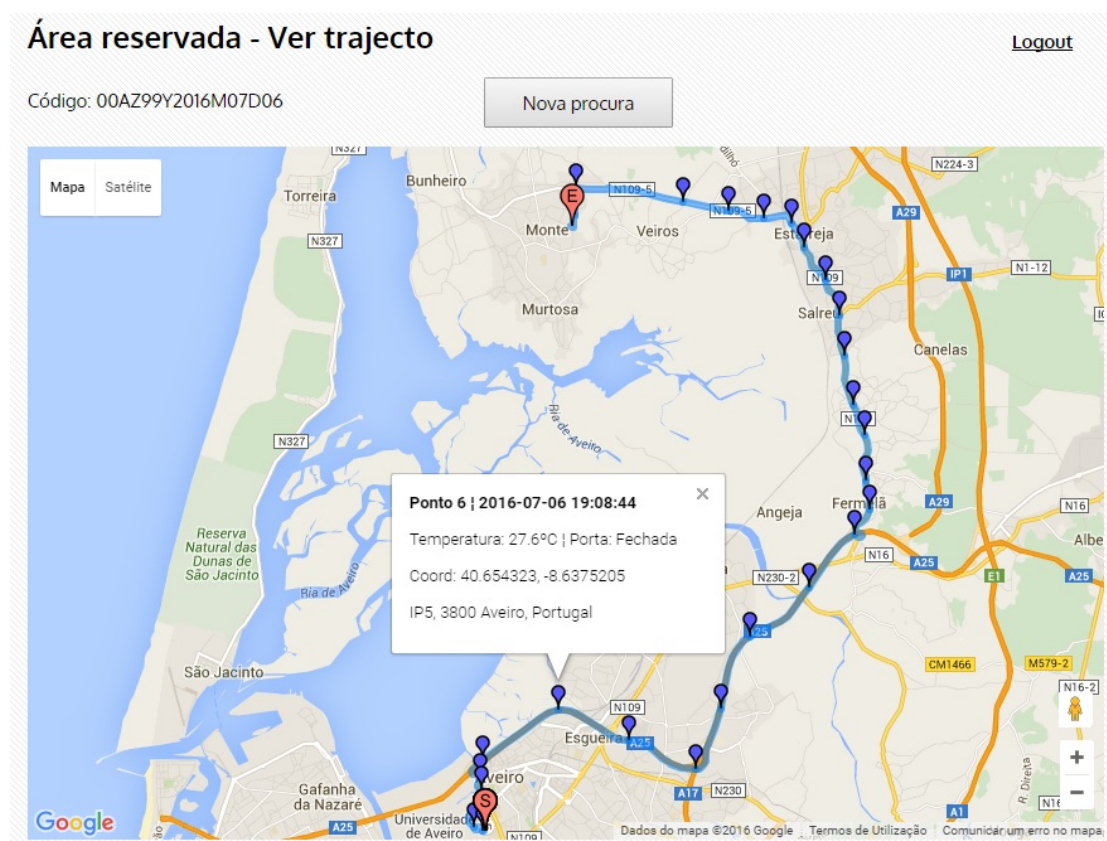


Figura 4.27: Trajeto do veículo na viagem com código 00AZ99Y2016M07D06

A capacidade da reprodução das rotas em mapa efetuadas pelo veículo, tendo como base os registos efetuados na base de dados pela “Unidade veículo”, é a grande prova que o sistema desenvolvido está operacional e pode ser utilizado. O sistema pode ser replicado para vários veículos, sendo apenas necessário a criação das tabelas relativas à matrícula desse veículo. É igualmente possível a utilização do sistema sem a recolha de dados da mercadoria, tendo sido desenvolvido um sistema integral e adaptado a diferentes requerimentos.

É importante efetuar uma análise aos custos que este sistema acarreta para a transportadora que o adquirir. Os preços demonstrados foram retirados de vendas na internet: nos itens da *Microchip* os preços foram retirados da sua loja online, enquanto que os restantes são alusivos a lojas de venda de produtos eletrónicos, por isso assinalados como aproximados (~). Todos os custos podem variar se forem efetuadas compras em grande número. A tabela 4.2 apresenta um resumo dos custos dos componentes que constituem o sistema, assim como o custo total de cada módulo e do sistema completo.

Pela análise da tabela é possível verificar que o que encarece o sistema é o recetor GPS e

Tabela 4.2: Custos dos componentes do sistema desenvolvido

Componente		Quantidade	Preço unidade [€]	Preço total [€]
Módulo Habitáculo	LM7805	3	~~0.07	0.21
	TC1263	1	0.73	0.73
	PIC18F45K22	1	2.69	2.69
	nRF24L01+	1	~~0.50	0.50
	NEO-6M (GY-GPS6MV2)	1	~~15	15
	SIM900 (GPRS Shield)	1	~~10	10
	Cabos, condensadores, resistências, pinos e led's	Vários	~~0.05	1
	Suporte microcontrolador	1	0.90	0.90
	PCB	1	15.4/10=1.54	1.54
	Total			32.57
Módulo Reboque	LM7805	1	~~0.07	0.07
	TC1263	1	0.73	0.73
	PIC18F2520	1	3.52	3.52
	nRF24L01+	1	~~0.50	0.50
	MCP9700	1	0.22	0.22
	Cabos, condensadores, resistências, pinos e led's	Vários	~~0.05	1
	Suporte microcontrolador	1	0.30	0.30
	PCB	1	12.4/10=1.24	1.24
	Total			7.58
Total do sistema completo (Habitáculo + Reboque)				40.15

o *modem*, componentes que juntos têm um custo de mais de metade do custo total do sistema (25€). Se não tiver em conta o custo dos dois periféricos enunciados, o custo de cada módulo é igual (7.57€ vs 7.58€), mas introduzindo o custos destes periféricos, o “Módulo habitáculo” tem um custo de 32.57€ enquanto que o “Módulo reboque” tem um custo de apenas 7.58€. O custo total do sistema constituído pelos dois módulos situa-se nos 40.15€.

Este custo corresponde apenas ao custo dos componentes constituintes do sistema. A sua montagem (para muitas unidades a montagem terá de ser efetuada mecanicamente), bem como as *boxes* para inserir o sistema, têm custos que terão de ser adicionados ao dos componentes, podendo ser considerado um valor de 50€ para todo o sistema desenvolvido.

Para a empresa que adquirir o sistema, é necessário a existência de um computador que sirva como servidor, onde os dados possam ser guardados. Se a empresa não tiver recursos disponíveis é necessário um investimento inicial maior nessa infraestrutura. Por ser um equipamento que não é desenvolvido pelo autor o seu custo não é contabilizado.

É necessário, porém, ter em conta o custo de desenvolvimento do sistema e o custo da sua implementação física nos veículos. Estes são variados, dependendo igualmente da quantidade de sistemas a serem implementados, pelo que o autor definiu um valor de 50€ para os custos de implementação, sujeito a modificações. É assim definido um custo total de 100€ para a aquisição do sistema. Devido a ser um projeto de dissertação os custos de desenvolvimento não foram considerados.

Na tabela 4.3 são recordados os valores recolhidos para os sistemas analisados, apresentados na tabela 2.1. É acrescentado nessa tabela o sistema desenvolvido pelo autor, permitindo assim uma comparação entre estes.

Tabela 4.3: Comparação de custos das soluções apresentadas e da solução desenvolvida

Solução		Preço de aquisição	Preço de utilização
ETLOC		250 €	- tarifas das comunicações móveis
Cartrack	Quick	189.95 €	- mensalidade: 9.95 €
	Quick Plus	209.95 €	- mensalidade: 9.95 €
	Quick Executive	249.95 €	- mensalidade: 9.95 €
	Fleet Management	430.50 €	- mensalidade: 19.68 €
	Safe Fleet Management	553.50 €	- mensalidade: 19.68 €
Inosat	Car locator	449.00 €	- Rota em tempo real (24h): 1.00 € - Extração da rota (1000 posições): 3.00 € - Pedido de posição*: 0.20 € - Ativar/Desativar imobilização remota*: 0.50 € - Alarme*: 0.50 € - Consumo mínimo mensal: 2.00 € - Suspensão do serviço: 2.00 € *cada evento
	My Locator	379.00 €	
	Pet Locator	299.00 €	
Sistema TCT		100 €	- tarifas das comunicações móveis

Pela análise da tabela é possível verificar que o sistema desenvolvido pelo autor, já incluindo os custos de instalação, é o que representa um menor investimento para as empresas transportadoras. É de realçar que os custos de utilização correspondem apenas a custos da rede móvel. Atualmente existem diversos tarifários nas operadoras móveis que incluem a transferência de

dados a preços reduzidos e uma vez que os dados transmitidos em cada ligação são de poucos *bytes*, um tarifário com um *plafond* de internet móvel reduzido (~250 Mb), com um custo de cerca de 5€, é suficiente para a utilização mensal do sistema.

Como resultado do trabalho desenvolvido, existe um sistema de monitorização de veículos integral e de baixo custo que permite às empresas obter em tempo real as informações dos seus veículos, sem que para isso dependam de terceiros e interações com custos adicionais para a empresa. O sistema construído de raiz está operacional e pode ser aplicado diversos veículos.

Capítulo 5

Conclusões e Trabalhos Futuros

Para concluir sabe-se que a crise económica que vários países enfrentam e o constante aumento do preço dos combustíveis traduz-se numa procura, por parte de transportadoras, de investimentos seguros que permitam obter informações sobre a sua frota e suas principais fontes de despesas. Por outro lado, é muito importante ter a confiança dos clientes, confiança essa que é garantida através da qualidade do serviço prestado no transporte. Um sistema de monitorização de veículos permite às empresas fazer uma análise das despesas da sua frota e, por outro lado, garantir aos clientes que as condições de transporte pretendidas por estes foram respeitadas.

O objetivo principal da presente investigação foi o desenvolvimento de um sistema de monitorização de veículos com a capacidade de recolha de informações do veículo e da mercadoria, como por exemplo a sua posição no globo terrestre e a temperatura da mercadoria transportada. Era igualmente objetivo que o sistema desenvolvido fosse um sistema integral, formado pelo sistema físico no veículo e o sistema central responsável pelo registo das informações e interação com os utilizadores, e que se tratasse de um sistema de baixo custo de implementação.

O objetivo da investigação, através do desenvolvimento de um sistema que pode ser comercializado, foi cumprido. Foi desenvolvido um sistema constituído por duas unidades, a “Unidade veículo” e a “Unidade central”, que juntas formam um sistema integral. A “Unidade veículo” está dividida em dois módulos, o “Módulo habitáculo” e o “Módulo reboque”, que permitem a obtenção da localização, da temperatura e do estado das portas do veículo, bem como o envio dessas informações para a base de dados. Na “Unidade central” está alojada a base de dados onde são inseridas e guardadas as informações, assim como está alojada uma página *web* que permite aos utilizadores o acesso às informações recolhidas.

Atendendo à “Unidade veículo”, existem alguns pontos a ser analisados. A utilização de um sensor de temperatura desta natureza, com a necessidade de efetuar uma conversão analógica-digital, e a utilização de um microcontrolador que tem vários canais que podem fazer essa conversão, cria a possibilidade de poderem ser ligados outros sensores de temperatura, adequados a diversas aplicações, bastando alterar o *software* de cálculo de acordo com o sensor utilizado.

Os dois principais problemas encontrados com a utilização do sistema encontram-se nos sinais GPS e GPRS. O GPS, quando estático, não apresenta sempre as mesmas coordenadas, havendo diferenças de cerca de 5 metros face ao local exato. Contudo, este problema não inviabiliza o sistema, uma vez que o raio de 5 metros no terreno não é significativo. Quando o veículo se encontra em movimento, os dados recolhidos e desenhados como *pins* no mapa encontram-se na sua maioria sobre as estradas que o veículo percorreu, o que indica que o GPS tem a precisão anunciada. Qualquer desvio face à posição não é significativo, e uma vez que o desenho da rota é aproximado às estradas pelo *script* utilizado, este desvio não é perceptível.

No caso da rede móvel, as viagens efetuadas entre a Murtosa e a Universidade de Aveiro incluem estradas nacionais em zona florestal, nas quais se verificou uma perda de sinal do *modem*. Este problema, alheio ao autor, só se fez sentir duas ou três vezes, e a forma como o *software* foi desenvolvido permitiu ao sistema continuar a funcionar, isto é, no minuto seguinte nova comunicação foi efetuada e as informações foram registadas na base de dados.

A escolha dos módulos nRF24L01+ para a comunicação entre o “Módulo habitáculo” e “Módulo reboque” revelou-se uma boa opção. Apesar da complexidade e tempo despendido nas configurações, o alcance, taxa de transferência e fiabilidade da comunicação revelaram-se uma mais valia na implementação deste sistema.

Na “Unidade central” foi construído um sistema de procura funcional, recorrendo à utilização de códigos, como usualmente acontece em sistema de *tracking* de encomendas. Foi desenvolvido um *website* completo para uma empresa transportadora fictícia, onde existiam páginas de apresentação da empresa e produtos, bem como uma secção reservada que implica um registo e *login*, onde é possível aceder aos dados do veículo, com representação das informações atuais em mapa e também a reconstrução da trajetória, com as informações em cada ponto.

Como um objetivo extra, apesar da falta de formação na área, o autor pretendeu a construção de PCB dedicadas ao sistema desenvolvido. A pesquisa desenvolvida permitiu o desenho das mesmas e a vontade da criação de um sistema que possa ser comercializado culminou com a fabricação destas. Por serem os primeiros protótipos, a montagem dos componentes foi realizada manualmente, situação que envolveu tempo e treino por parte do autor. No fim, ainda foram desenhadas e construídas *boxs* para a integração e proteção do sistema desenvolvido.

Após o desenvolvimento, o autor testou o sistema em diversas viagens. O sistema foi ligado ao seu veículo pessoal e foram efetuadas viagens. Posteriormente foram analisadas as informações bem como a reconstrução da trajetória que correspondeu ao trajeto efetuado, o que permitiu garantir a correta funcionalidade e a fiabilidade do sistema desenvolvido.

5.1 Trabalhos futuros

O sistema desenvolvido encontra-se completamente operacional e corresponde ao objetivo apresentado, sendo que os testes efetuados permitem garantir a funcionalidade e estabilidade do sistema. No entanto, existem alguns aspetos que podem ser melhorados, bem como novas funções que podem ser introduzidas, que constituem trabalhos a serem desenvolvidos no futuro, dos quais se podem destacar:

- Utilizar outro sensor de temperatura e adicionar um sensor de humidade;
- Incorporar um acelerómetro, para deteção de acelerações/travagens bruscas;
- Leitura de parâmetros da porta OBD do veículo, como consumos e quilometragem;
- Adicionar uma interface para o condutor do veículo, por exemplo, através de um LCD;
- Estudar a possibilidade do planeamento de rotas de forma a poupar combustível;
- Utilização de um *modem* mini (SIM900 mini V4) de forma a reduzir o tamanho do “Módulo habitáculo”;
- Utilizar uma versão mais recente do GPS (NEO-8M), pois garante uma maior precisão da localização e melhor conexão aos satélites.

Bibliografia

- [1] EQUIPA KNOOW.NET - **Rede Transportes - Enciclopédia de Geografia** [Em Linha]. 2015. [Consult. 11 Abr. 2016]. Disponível em WWW: <URL: <http://old.knoow.net/cienciterravida/geografia/redetransportes.htm>>.
- [2] MACHADO, Elizabeth. - **A diversidade dos modos de transporte e a desigualdade espacial das redes** [Em Linha]. 2014. [Consult. 11 Abr. 2016]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.prof2000.pt/users/elisabethm/pagina11/inicial.htm>>.
- [3] EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY - **Freight transport demand** [Em Linha]. 2015. [Consult. 20 Abr. 2016]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/freight-transport-demand-version-2/assessment-5>>.
- [4] EUROSTAT - **Freight transport statistics - modal split - Statistics Explained** [Em Linha]. 2016. [Consult. 20 Abr. 2016]. Disponível em WWW: <URL: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Freight_transport_statistics_-_modal_split>.
- [5] BALLOU, R. H.; YOSHIZAKI, H. - **Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física** [Em Linha]. 1th ed. São Paulo: Atlas, 1993. 388 p. [Consult. 21 Abr. 2016]. Disponível em WWW: <URL: https://books.google.pt/books/about/Log%C3%ADstica_empresarial.html?id=p6CIPgAACAAJ&pgis=1>. ISBN 8522408742.
- [6] INE - **Portal do Instituto Nacional de Estatística** [Em Linha]. 2015. [Consult. 11 Abr. 2016]. Disponível em WWW: <URL: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&ind0corrCod=0002129&contexto=bd&selTab=tab2>.
- [7] PORDATA - **PORDATA - Empresas: total e por sector de actividade económica - Portugal** [Em Linha]. 2015. [Consult. 20 Abr. 2016]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.pordata.pt/Portugal/Empresas+total+e+por+sector+de+actividade+econ%c3%b3mica-2856>>.
- [8] IMT - **Evolução da população ativa nos transportes** [Em Linha]. 2014. [Consult. 20 Abr. 2016]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/Observatorio/Estatisticas/OutrasInformacoes/Documents/2014/EvPopActivaTransp.pdf>>.

- [9] **IMT - Empresas de transporte de mercadorias** [Em Linha]. 2015. [Consult. 11 Abr. 2016]. Disponível em WWW:<URL: http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/Observatorio/Estatisticas/Mercadorias/Documents/2015/EMPRESAS_VEICULOS_MERCADORIAS_De14.pdf>.
- [10] **INE - Portal do Instituto Nacional de Estatística** [Em Linha]. 2015. [Consult. 11 Abr. 2016]. Disponível em WWW:<URL: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&ind0corrCod=0001622&contexto=bd&selTab=tab2>.
- [11] **INE - Portal do Instituto Nacional de Estatística** [Em Linha]. 2015. [Consult. 11 Abr. 2016]. Disponível em WWW:<URL: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&ind0corrCod=0001453&contexto=bd&selTab=tab2>.
- [12] **IMT - Tráfego interno de mercadorias por modos** [Em Linha]. 2014. [Consult. 20 Abr. 2016]. Disponível em WWW:<URL: http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/Observatorio/Estatisticas/Mercadorias/Documents/Trafego_interno.pdf>.
- [13] **Conceito de perecível** [Em Linha]. 2013. [Consult. 12 Abr. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://conceito.de/perecivel>>.
- [14] **IMT - Transporte nacional de mercadorias pelos principais grupos de mercadorias** [Em Linha]. 2015. [Consult. 20 Abr. 2016]. Disponível em WWW:<URL: http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/Observatorio/Estatisticas/Mercadorias/Documents/2015/TRodoviario_Transp_nacional_grupos_mercadorias.pdf>.
- [15] **Conceito de monitorização** [Em Linha]. 2012. [Consult. 29 Abr. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://conceito.de/monitorizacao>>.
- [16] BUNN, F. E. - **Automated vehicle tracking and service provision system** [Em Linha]. 2003. [Consult. 10 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.google.com/patents/US6584403>>.
- [17] COFFEE, J. [et al.] - **Vehicle tracking, communication and fleet management system** [Em Linha]. 2003. [Consult. 10 Maio 2016] Disponível em WWW:<URL: <https://www.google.com/patents/US6611755>>.
- [18] SCANIA - **Scania FMS** [Em Linha]. 2014. [Consult. 29 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.scania.pt/servicos/gestao-frotas/fms.aspx>>.
- [19] ETLOC - **ETLOC - localizador GPS para viaturas** [Em Linha]. 2015. [Consult. 30 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://etloc.pt/index.php#home>>.
- [20] CARTRACK - **Recuperação e rastreamento de veículos roubados** [Em Linha]. 2015. [Consult. 30 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.cartrack.pt/>>.
- [21] TRACKIT - **TRACKiT Consulting** [Em Linha]. 2015. [Consult. 30 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.trackit.pt/>>.

- [22] FROTCOM - **A gestão de frota inteligente para a sua empresa** [Em Linha]. 2015. [Consult. 30 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.frotcom.com/pt-pt#.V0y07fkrJD8>>.
- [23] INOSAT - **Localização GPS e Gestão de Frotas** [Em Linha]. 2015. [Consult. 01 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.inosat.pt/>>.
- [24] MOURA, Luís - **Evaluation of the impact of vehicle tracking systems in logistics**. Rio de Janeiro: PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO - PUC-RIO, 2004. 831 p. Tese de Doutorado. Disponível em WWW:<URL: http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=5247@2>.
- [25] FIGUEIREDO, Divino Cristino - **Curso Básico de GPS**. Brasília: Conab, 2005. 53 p. Tese de Doutorado. Disponível em WWW:<URL: http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Topo/leb450/Angulo/Curso_GPS.pdf>.
- [26] TRIMBLE - **GPS Tutorial** [Em Linha]. 2007. [Consult. 02 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: http://www.trimble.com/gps_tutorial/>.
- [27] MITAC INTL - **History of GPS - Mio Technology** [Em Linha]. 2011. [Consult. 02 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.mio.com/technology-history-of-gps.htm>>.
- [28] MORALES, Jose M. - **E. - SatélitesGPS.jpg** [Em Linha]. 2012. [Consult. 02 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <https://schrochicken.files.wordpress.com/2012/10/constellation.jpg>>.
- [29] BROWN, A. K.; STURZA, M. A. - **Vehicle tracking system employing global positioning system (gps) satellites**. [Em Linha]. 1993. [Consult. 02 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.google.com/patents/US5225842>>.
- [30] MAIA, Parque Newton Freire - **TriangulaçãoGPS.jpg** [Em Linha]. 2011. [Consult. 02 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://3.bp.blogspot.com/-0Zv3aPWs9VY/Uf65kYPVcKI/AAAAAAAAeFY/DBvhh-GE11o/s1600/Satelite+2.jpg>>.
- [31] BARBIAN, Eduardo. - **O que são sistemas de navegação por satélite?** [Em Linha]. 2013. [Consult. 03 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.oficinadanet.com.br/post/10580-sistemas-de-navegacao>>.
- [32] LIVEVIEWGPS - **GPS and its Three Main Competitors: Galileo, Beidou, GLONASS | Live View GPS Tracking Blog** [Em Linha]. 2013. [Consult. 03 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.liveviewgps.com/blog/gps-main-competitors-galileo-beidou-glonass/>>.
- [33] GAKSTATTER, Eric. - **What Exactly Is GPS NMEA Data?** [Em Linha]. 2015. [Consult. 09 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://gpsworld.com/what-exactly-is-gps-nmea-data/>>.
- [34] DEPRIEST, Dale - **NMEA data** [Em Linha]. 2002. [Consult. 09 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>>.

- [35] RAYMOND, E. S. - **NMEA Revealed** [Em Linha]. 2016. [Consult. 09 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.catb.org/gpsd/NMEA.html>>.
- [36] ESCOLA DE CONDUÇÃO INVICTA - **O Condutor e o Veículo** [Em Linha]. 2015. [Consult. 10 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.invicta.pt/codigo/veiculo.asp>>.
- [37] U-BLOX - **GSM/GPRS | u-blox** [Em Linha]. 2015. [Consult. 10 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.u-blox.com/en/gsmgprs>>.
- [38] HALONEN, T.; ROMERO, J.; MELERO, J. - **GSM, GPRS and EDGE Performance: Evolution Towards 3G/UMTS** [Em Linha]. (2 ed.) West Sussex: John Wiley & Sons, 2004. 654 p. [Consult. 10 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <https://books.google.com/books?hl=pt-PT&lr=&id=cgAroFI0yZIC&pgis=1>>. ISBN 0470866950.
- [39] SANTOS, Ricardo Di Lucia. - **REDES GSM, GPRS, EDGE E UMTS** [Em Linha]. 2008. [Consult. 10 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: http://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/ricardo/index.html>.
- [40] **Introduction to GSM** [Em Linha]. 2011. [Consult. 10 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.pennula.de/datenarchiv/gsm-for-dummies.pdf>>.
- [41] INFORMIT - **ArquiteturaGSM.jpg** [Em Linha]. 2015. [Consult. 10 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: http://ptgmedia.pearsoncmg.com/images/bok_1587050404/elementLinks/12fig01.gif>.
- [42] POOLE, Ian - **What is GPRS | General Packet Radio Service | Radio-Electronics.com** [Em Linha]. 2014. [Consult. 10 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: http://www.radio-electronics.com/info/cellular/telecomms/gprs/gprs_tutorial.php>.
- [43] ALECRIM, Emerson - **Tecnologia Bluetooth: o que é e como funciona?** [Em Linha]. 2015. [Consult. 18 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.infowester.com/bluetooth.php>>.
- [44] BLUETOOTH SPECIAL INTEREST GROUP - **Understand More About Bluetooth Technology | Bluetooth Technology Website** [Em Linha]. 2013. [Consult. 18 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology>>.
- [45] MESSIAS, António Rogério - **XBee/ZigBee** [Em Linha]. 2015. [Consult. 19 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.rogercom.com/ZigBee/ZigBee.htm>>.
- [46] ZIGBEE ALLIANCE - **What is ZigBee?** [Em Linha]. 2015. [Consult. 19 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.zigbee.org/what-is-zigbee/>>.
- [47] WI-FI ALLIANCE - **Who We Are** [Em Linha]. 2015. [Consult. 23 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.wi-fi.org/who-we-are>>.

- [48] ALECRIM, Emerson - **O que é Wi-Fi (IEEE 802.11)?** [Em Linha]. 2013. [Consult. 23 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.infowester.com/wifi.php>>.
- [49] U-BLOX - **Wi-Fi** [Em Linha]. 2015. [Consult. 23 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.u-blox.com/en/wi-fi>>.
- [50] NORDIC SEMICONDUCTOR - **nRF24L01+ - Ultra low power 2.4GHz RF Transceiver** [Em Linha]. 2015. [Consult. 25 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.nordicsemi.com/eng/Products/2.4GHz-RF/nRF24L01P>>.
- [51] MICROCHIP TECHNOLOGY - **PIC18F2420/2520/4420/4520 Data Sheet** [Em Linha]. 2008. [Consult. 07 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39631E.pdf>>.
- [52] MICROCHIP TECHNOLOGY - **PIC18F2520** [Em Linha]. 2015. [Consult. 07 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC18F2520>>.
- [53] MICROCHIP TECHNOLOGY - **MCP9700** [Em Linha]. 2015. [Consult. 07 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/MCP9700>>.
- [54] MICROCHIP TECHNOLOGY - **MCP9700/9700A and MCP9701/9701A** [Em Linha]. 2009. [Consult. 07 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21942e.pdf>>.
- [55] ALLBIZ - **Sensor magnético** [Em Linha]. 2015. [Consult. 08 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.br.all.biz/img/br/catalog/58352.jpeg>>.
- [56] TALLER - **Sensor mecânico** [Em Linha]. 2014. [Consult. 08 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.comohacerturobot.com/Taller/Bumper3.jpg>>.
- [57] FAIRCHILD - **LM78XX / LM78XXA - 3Terminal 1 A Positive Voltage Regulator** [Em Linha]. 2014. [Consult. 12 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.fairchildsemi.com/datasheets/LM/LM7805.pdf>>.
- [58] MICROCHIP TECHNOLOGY - **TC1263 - Linear Regulator** [Em Linha]. 2012. [Consult. 13 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21374D.pdf>>.
- [59] LABCENTER - **Labcenter Eletronics** [Em Linha]. 2015. [Consult. 13 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.labcenter.com/index.cfm>>.
- [60] ELECROW - **Elecrow services** [Em Linha]. 2015. [Consult. 13 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.elecrow.com/services-c-73.html>>.
- [61] REIS, João - **Print For Friends** [Em Linha]. 2016. [Consult. 13 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.facebook.com/printforfriends>>.
- [62] MICROCHIP TECHNOLOGY - **PIC18(L)F2X/4XK22 Data Sheet** [Em Linha]. 2012. [Consult. 14 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41412F.pdf>>.

- [63] MICROCHIP TECHNOLOGY - **PIC18F45K22** [Em Linha]. 2015. [Consult. 14 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC18F45K22>>.
- [64] UBLOX - **NEO-6 series** [Em Linha]. 2015. [Consult. 15 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.u-blox.com/en/product/neo-6-series>>.
- [65] UBLOX - **NEO-6 GPS Modules Data Sheet** [Em Linha]. 2011. [Consult. 15 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_%28GPS.G6-HW-09005%29.pdf>.
- [66] UBLOX - **u-blox 6 Receiver Description Including Protocol Specification** [Em Linha]. 2011. [Consult. 15 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/u-blox6_ReceiverDescrProtSpec_%28GPS.G6-SW-10018%29_Public.pdf>.
- [67] SIMCOM - **SIM900 - GSM/GPRS** [Em Linha]. 2013. [Consult. 17 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://simcom.ee/modules/gsm-gprs/sim900/>>.
- [68] GEEETECH - **GPRS Shield** [Em Linha]. 2014. [Consult. 17 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: http://www.geeetech.com/wiki/index.php/Arduino_GPRS_Shield>.
- [69] MICROCHIP - **MPLAB X Integrated Development Environment (IDE)** [Em Linha]. 2016. [Consult. 22 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.microchip.com/mplab/mplab-x-ide>>.
- [70] SIMCOM - **SIM900 AT Command Manual** [Em Linha]. 2010. [Consult. 23 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: http://www.seeedstudio.com/wiki/images/a/a8/SIM900_AT_Command_Manual_V1.03.pdf>.
- [71] APACHE FRIENDS - **XAMPP** [Em Linha]. 2016. [Consult. 25 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.apachefriends.org/index.html>>.
- [72] GOOGLE DEVELOPERS - **Maps JavaScript API** [Em Linha]. 2016. [Consult. 25 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/>>.
- [73] W3SCHOOLS - **Google Maps API Tutorial** [Em Linha]. 2014. [Consult. 26 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.w3schools.com/googleapi/default.asp>>.
- [74] MOSS, Adam - **Loading Google Map Markers via XML** [Em Linha]. 2014. [Consult. 26 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.create.co.uk/blog/js/loading-google-map-markers-via-xml>>.
- [75] ADOBE SYSTEMS INCORPORATED - **Adobe Dreamweaver CC** [Em Linha]. 2016. [Consult. 26 Jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.adobe.com/pt/products/dreamweaver.html>>.

Anexos

Anexo A

MCP9700 - cálculo da temperatura

Neste anexo encontram-se dois exemplos de cálculo da conversão analógica para digital, que consiste na passagem de um valor de tensão para temperatura.

É importante recordar a teoria que serve de base aos cálculos:

- Tensão de alimentação do MCP9700 e do PIC18F25520 - 5 V
- Resolução - 10 bits, que correspondem a 1024 valores (*steps*)
- Calibração a 0 °C - 500 mV = 0.5 V
- Sensibilidade - 10 mV/°C = 0.01 V/°C
- Equações (3.1), (3.2), (3.3) e (3.4), respetivamente:

$$- V_{step} = \frac{5}{1024} = 4.883 \times 10^{-3} \text{ [V/step]}$$

$$- V_{AN0} = steps \times V_{step} \text{ [V]}$$

$$- V_{Temp} = V_{AN0} - 0.5 \text{ [V]}$$

$$- Temperatura = V_{temp} \div 0.01 \text{ [°C]}$$

Os cálculos efetuados têm uma variável, *steps*, que pode ter valores entre 0 e 1023, e que será arbitrada visto que corresponde à leitura que o microcontrolador recebe no seu canal de conversão analógica-digital, ANi, quando ligado ao V_{OUT} do sensor.

Exemplo 1

Arbitrando que o PIC18F2520 tem uma leitura no seu AN0 de 50 *steps*, calcula-se a temperatura equivalente da mesma forma que o microcontrolador está programado para calcular.

$$- V_{AN0} = steps \times V_{step} = 50 \times 4.883 \times 10^{-3} = 0.24415 \text{ [V]}$$

$$- V_{Temp} = V_{AN0} - 0.5 = 0.24415 - 0.5 = -0.25585 \text{ [V]}$$

$$- Temperatura = V_{temp} \div 0.01 = -0.25585 \div 0.01 = -25.585 \text{ [°C]}$$

É determinado, assim, que a temperatura para este valor recebido do sensor para conversão é de cerca de -25 °C.

Exemplo 2

De notar que o MCP9700 tem um V_{OUT} máximo de cerca de 2 V, pelo que poderá preencher, no máximo, $2 \div 4.883 \times 10^{-3} = 410 \text{ steps}$. [54]

Arbitrando agora que a leitura no AN0 é de 400 *steps*, calcula-se a temperatura como anteriormente.

$$- V_{AN0} = \text{steps} \times V_{\text{step}} = 400 \times 4.883 \times 10^{-3} = 1.9532 \text{ [V]}$$

$$- V_{\text{Temp}} = V_{AN0} - 0.5 = 1.9532 - 0.5 = 1.4532 \text{ [V]}$$

$$- \text{Temperatura} = V_{\text{temp}} \div 0.01 = 1.4532 \div 0.01 = 145.32 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

É determinado, assim, que a temperatura para este valor recebido do sensor para conversão é de cerca de 145 °C, muito próximo do limite de +150 °C, que corresponderá aos 410 *steps*.

Anexo B

Esquema elétrico do Módulo Reboque

Neste anexo, na figura B.1, está representado o esquema elétrico do “Módulo reboque”. O esquema apresenta todos os componentes necessários ao sistema, assim como os pinos adicionais que se pretende inserir na PCB, nomeadamente:

- pinos de conversão analógica-digital (RA), também configuráveis como digitais;
- pinos digitais (RB);
- pinos para usar a interface EUSART (Tx e Rx);
- pinos necessários para efetuar a programação do microcontrolador (PGC, PGD, VSS, VDD e MCLR);
- incorporação de 2 led's.

Os 8 pinos restantes correspondem aos pinos do módulo de radiofrequência nRF24L01+, que não existe na biblioteca de componentes do *Proteus*.

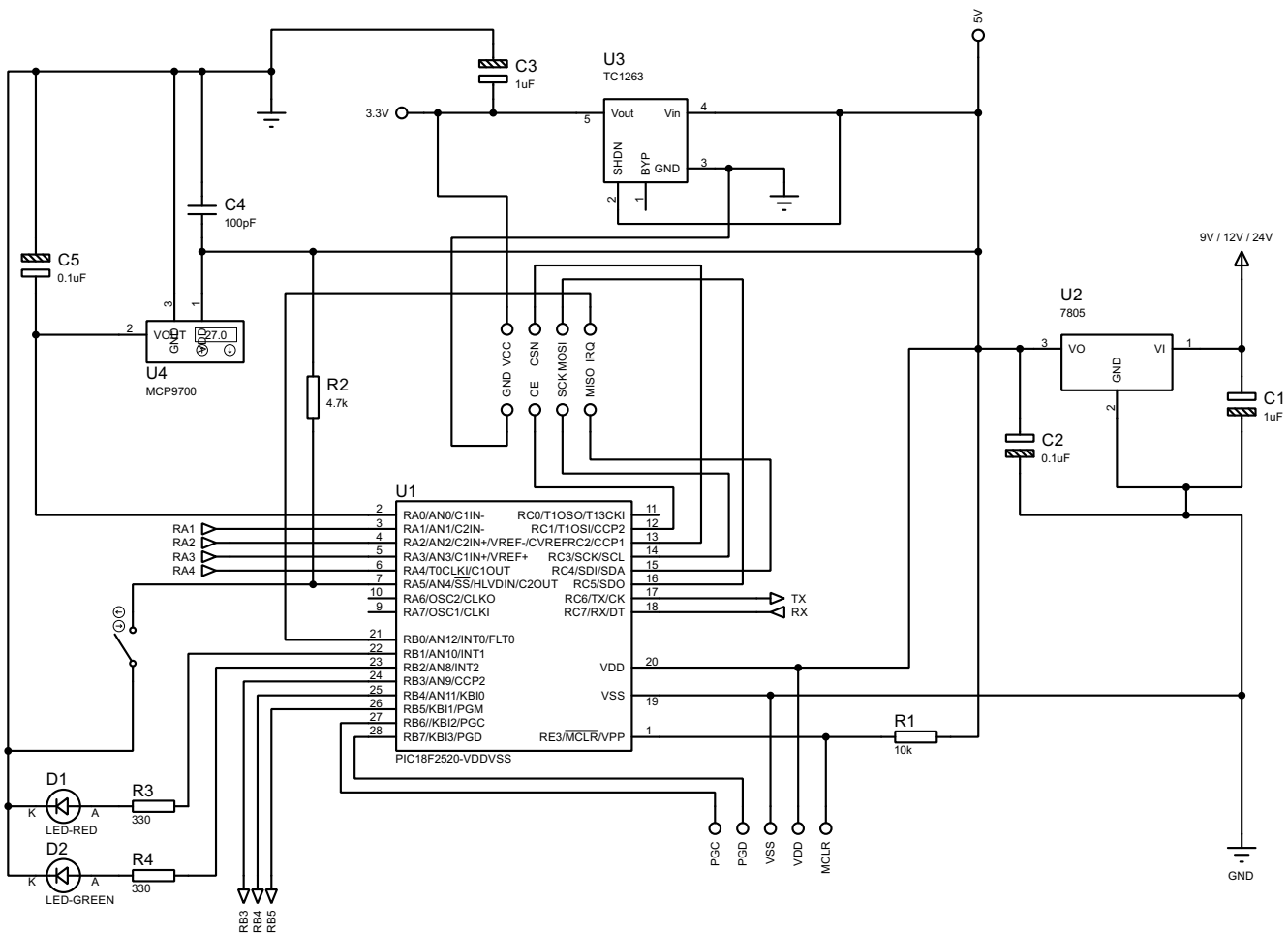


Figura B.1: Circuito elétrico do “Módulo reboque”

Anexo C

PCB do Módulo Reboque

Na figura C.1 está representado o desenho 3D da placa de circuito impresso, com todos os componentes, que possibilita a percepção da placa após a montagem dos componentes. Esta criação é automática e possível graças à biblioteca presente no *Proteus*.

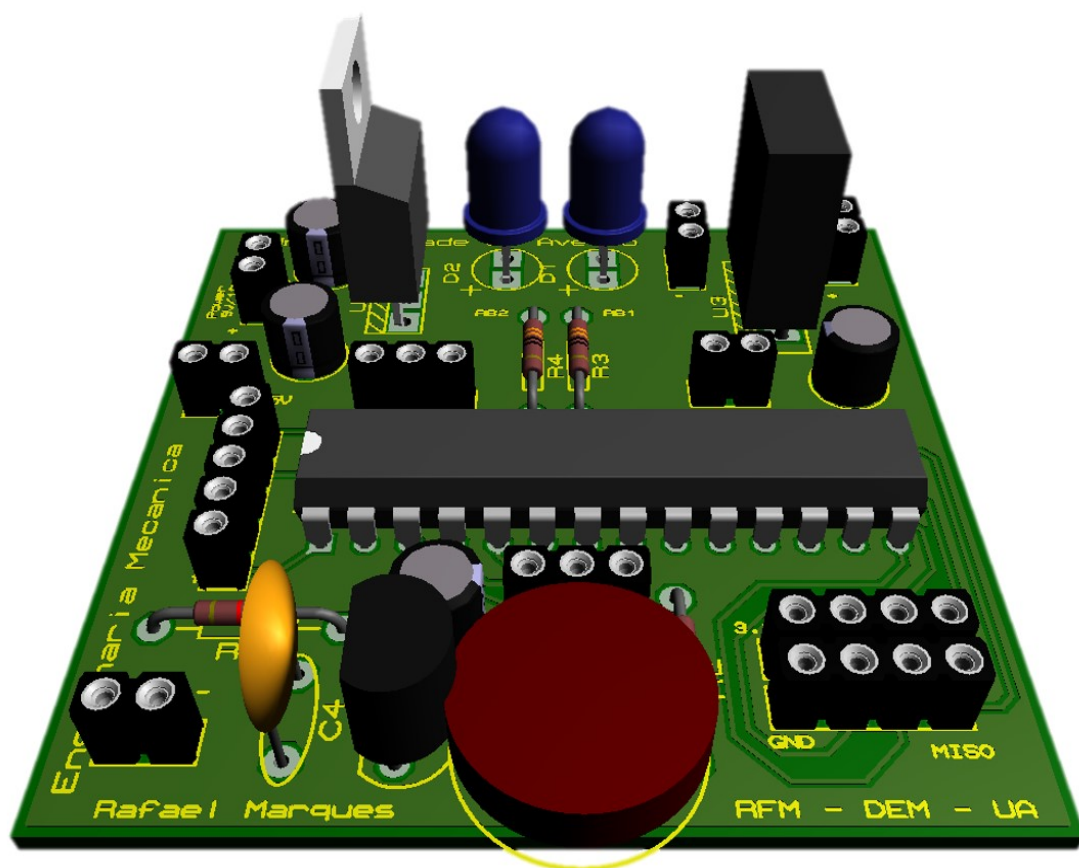


Figura C.1: Desenho da PCB e componentes, em 3D - “Módulo reboque”

A figura C.2 e a figura C.3 representam, respetivamente, a *top layer* e a *bottom layer*, desenhadas para a construção da PCB do “Módulo reboque”.

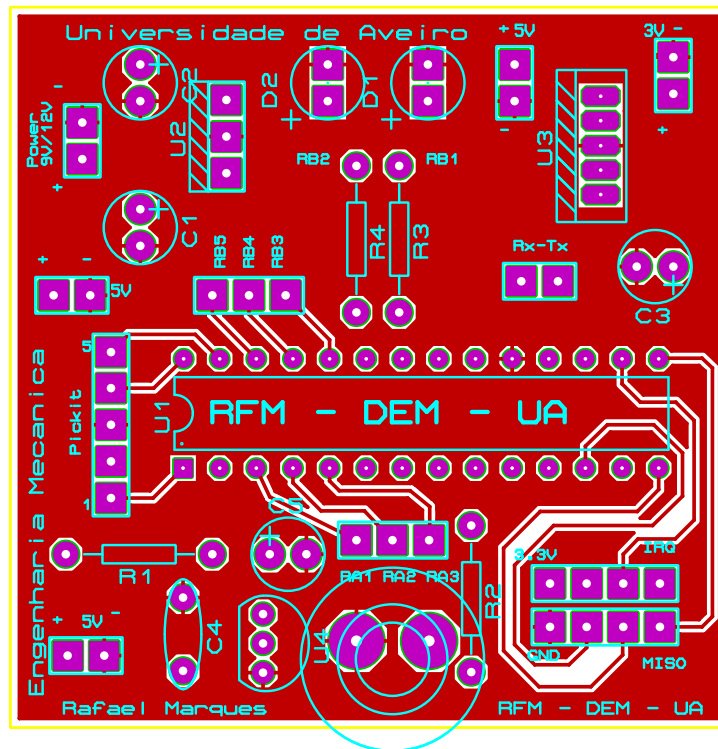


Figura C.2: Desenho da PCB, *top layer* - “Módulo reboque”

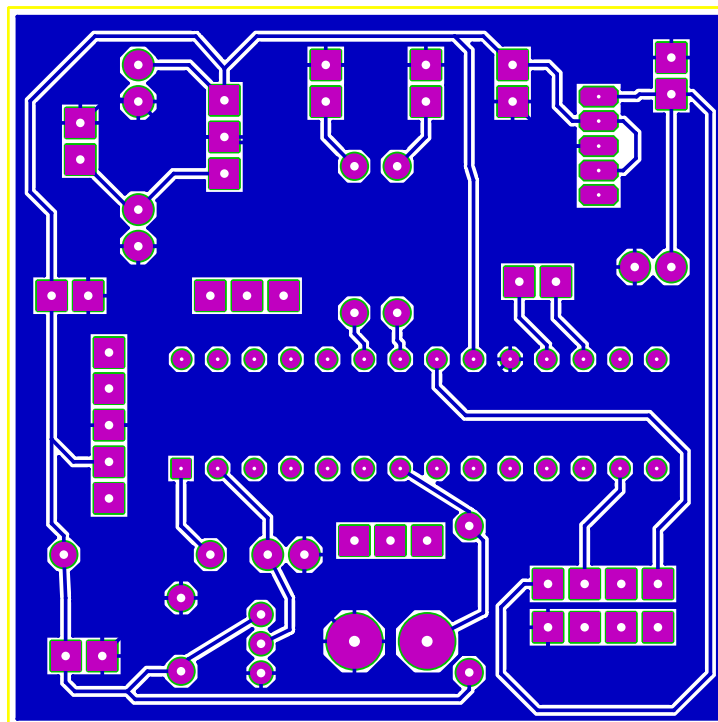


Figura C.3: Desenho da PCB, *bottom layer* - “Módulo reboque”

Anexo D

Box do Módulo Reboque

Na figura D.1 é apresentado, em vista explodida, o desenho da *box* desenvolvida para albergar a PCB do “Módulo reboque”. A figura D.2 apresenta o desenho de definição da *box* e da sua tampa. O desenho foi efetuado com o recurso ao *SolidWorks*, um *software* de CAD. Posteriormente, foi enviado para construção, recorrendo à tecnologia de impressão 3D.

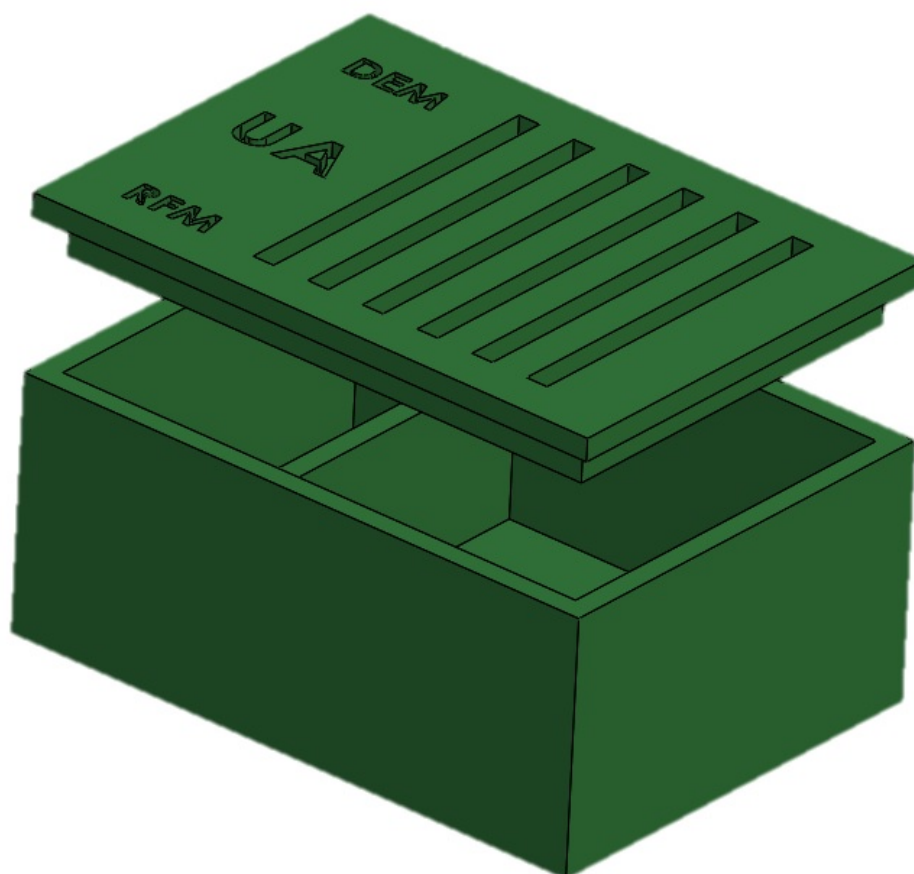


Figura D.1: Vista explodida do desenho da *box* - “Módulo reboque”

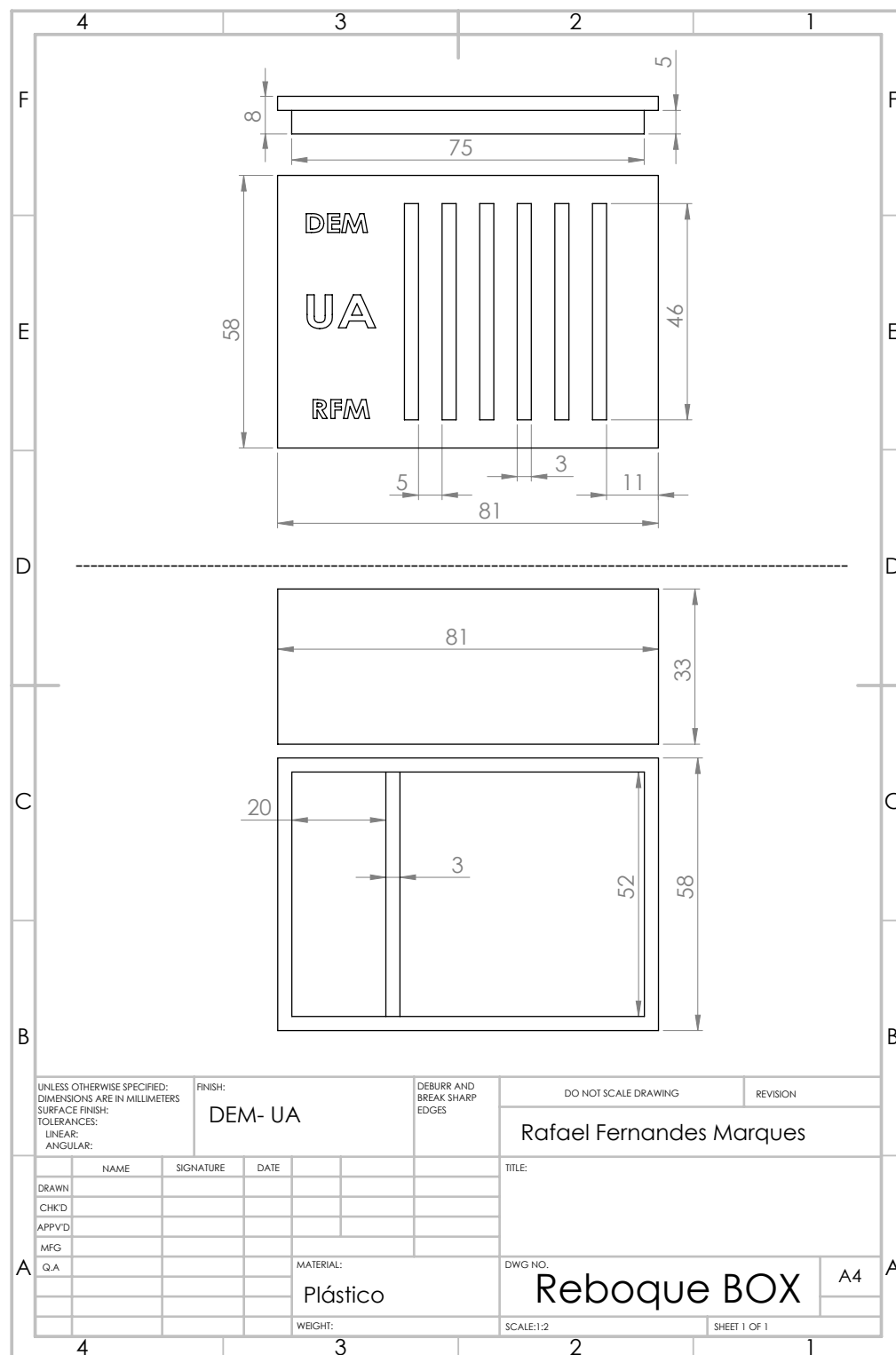


Figura D.2: Desenho de definição (2D) da tampa, em cima, e da box, em baixo - “Módulo reboque”

Anexo E

Esquema elétrico do Módulo Habitáculo

Neste anexo, na figura E.1, está representado o esquema elétrico do “Módulo habitáculo”. O esquema apresenta todos os componentes necessários ao sistema, assim como os pinos adicionais que se pretende inserir na PCB, nomeadamente:

- pinos para usar a interface EUSART1 e EUSART2, para a ligação do GPS e *modem*;
- pinos de conversão analógica-digital (RA), também configuráveis como digitais;
- pinos digitais (RB);
- pinos necessários para efetuar a programação do microcontrolador (PGC, PGD, VSS, VDD e MCLR);
- incorporação de 5 led's.

Os 8 pinos restantes correspondem aos pinos do módulo de radiofrequência nRF24L01+, que não existe na biblioteca de componentes do *Proteus*.

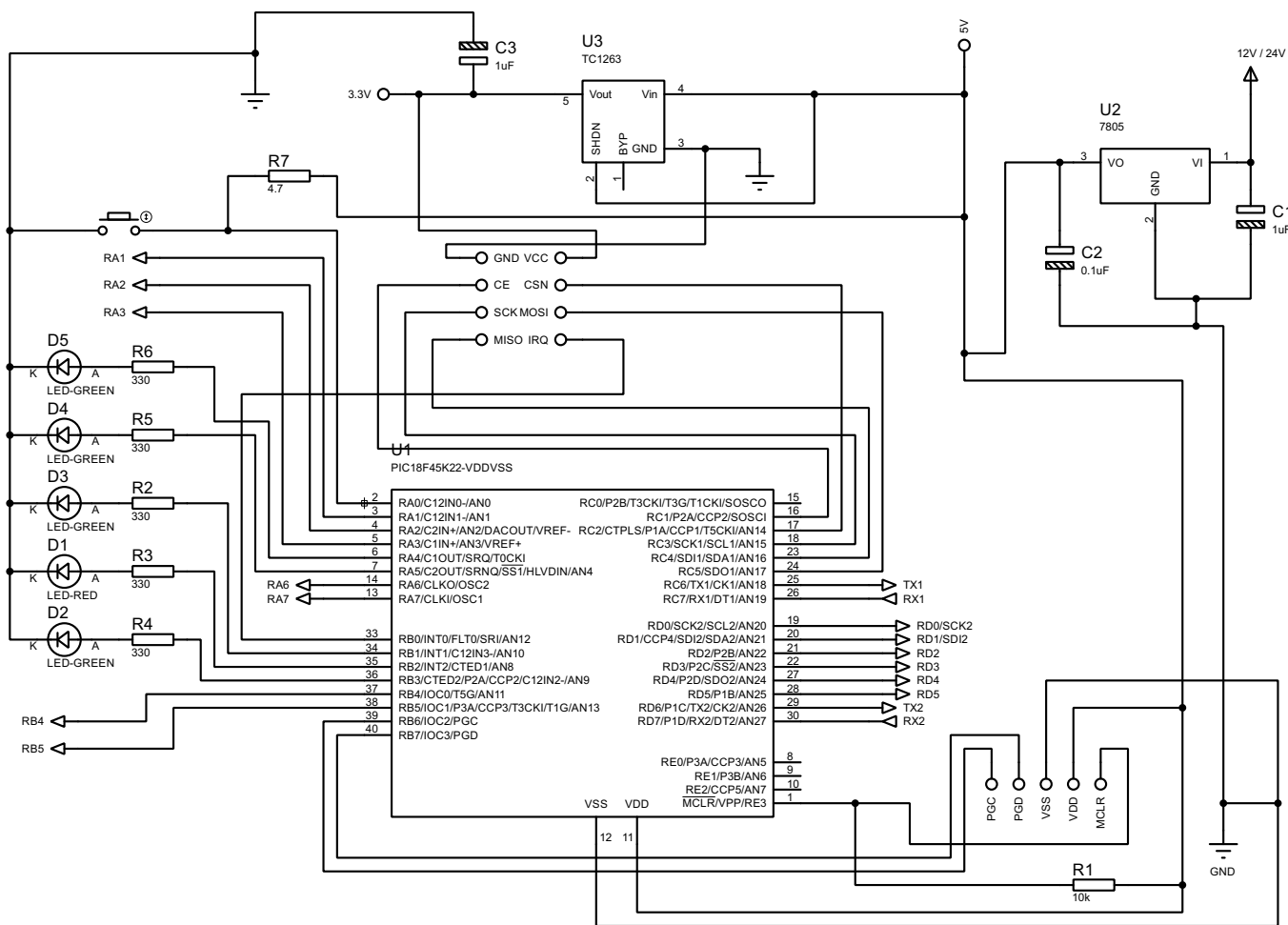


Figura E.1: Circuito elétrico do “Módulo habitáculo”

Anexo F

PCB do Módulo Habitáculo

Na figura F.1 está representado o desenho 3D da placa de circuito impresso, com todos os componentes, que possibilita ter uma perceção da placa após a assemblagem dos componentes.

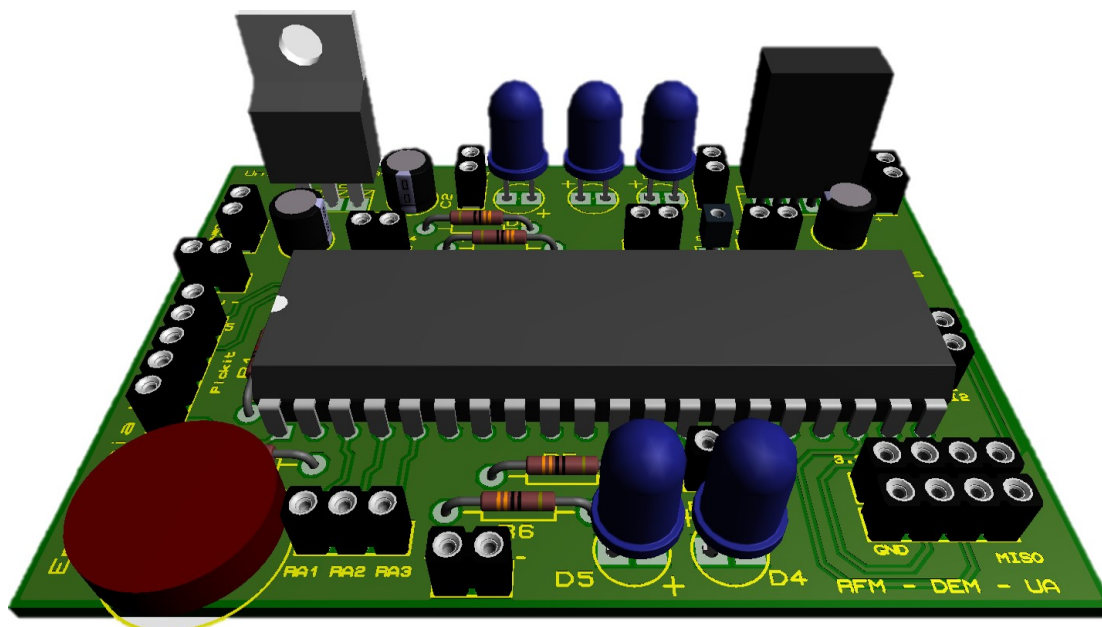


Figura F.1: Desenho da PCB e componentes, em 3D - “Módulo habitáculo”

A figura F.2 representa a *top layer* enquanto que a figura F.3 representa a *bottom layer*, desenhadas para a construção da PCB do “Módulo habitáculo”.

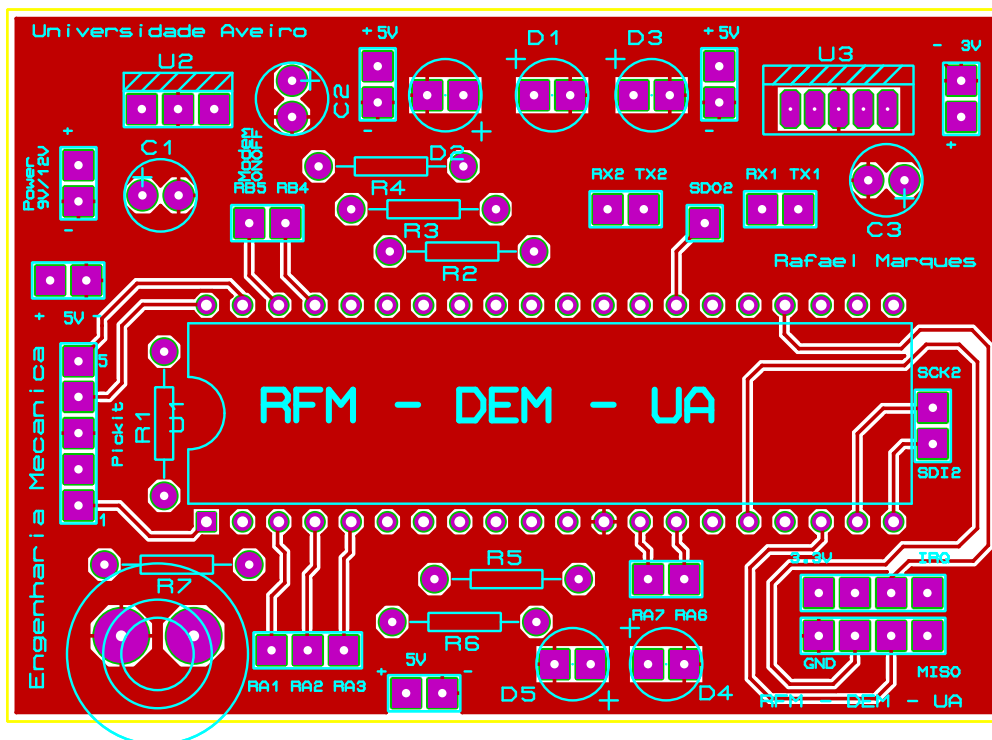


Figura F.2: Desenho da PCB, *top layer* - “Módulo habitáculo”

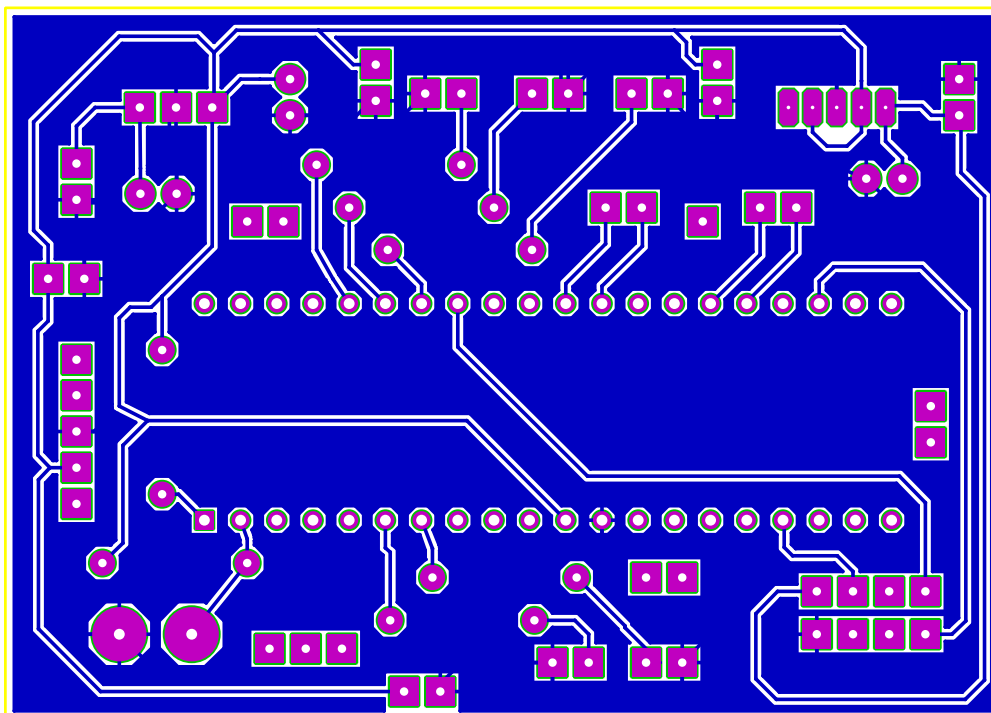


Figura F.3: Desenho da PCB, *bottom layer* - “Módulo habitáculo”

Anexo G

Box do Módulo Habitáculo

Na figura G.1 é apresentado, em vista explodida, o desenho da *box* desenvolvida para o “Módulo habitáculo”. A *box* é apresentada em transparente de forma a ser possível a visualização da divisória móvel no seu interior. A figura G.2 e a figura G.3 apresentam o desenho de definição da *box*, da sua tampa e da divisória. O desenho foi efetuado recorrendo ao *SolidWorks*, sendo posteriormente enviado para construção, recorrendo à tecnologia de impressão 3D.

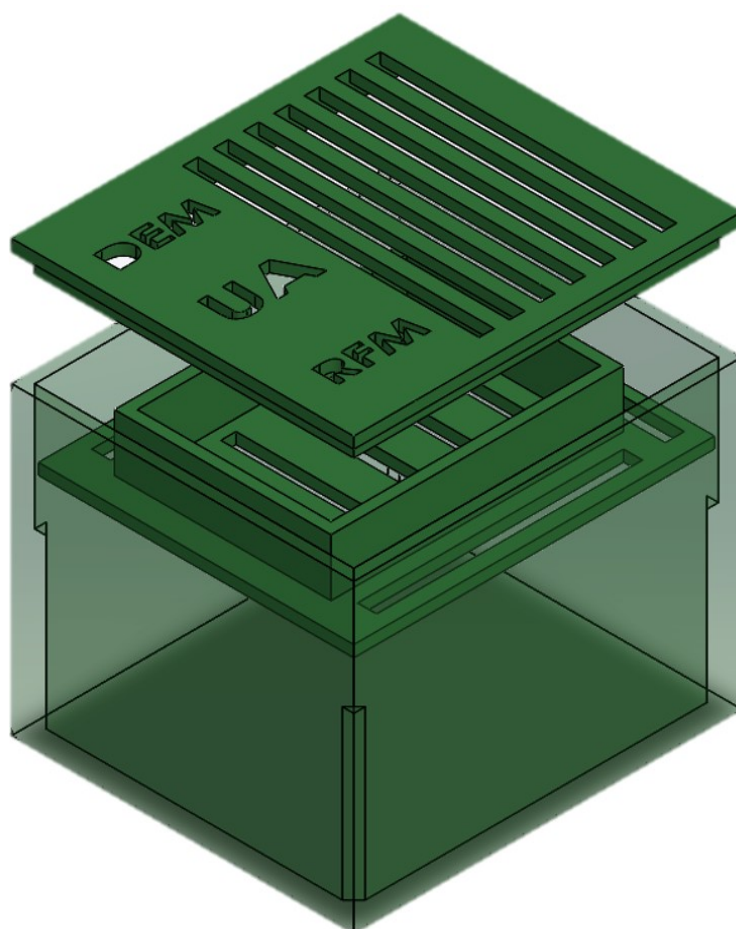


Figura G.1: Vista explodida do desenho da *box* - “Módulo habitáculo”

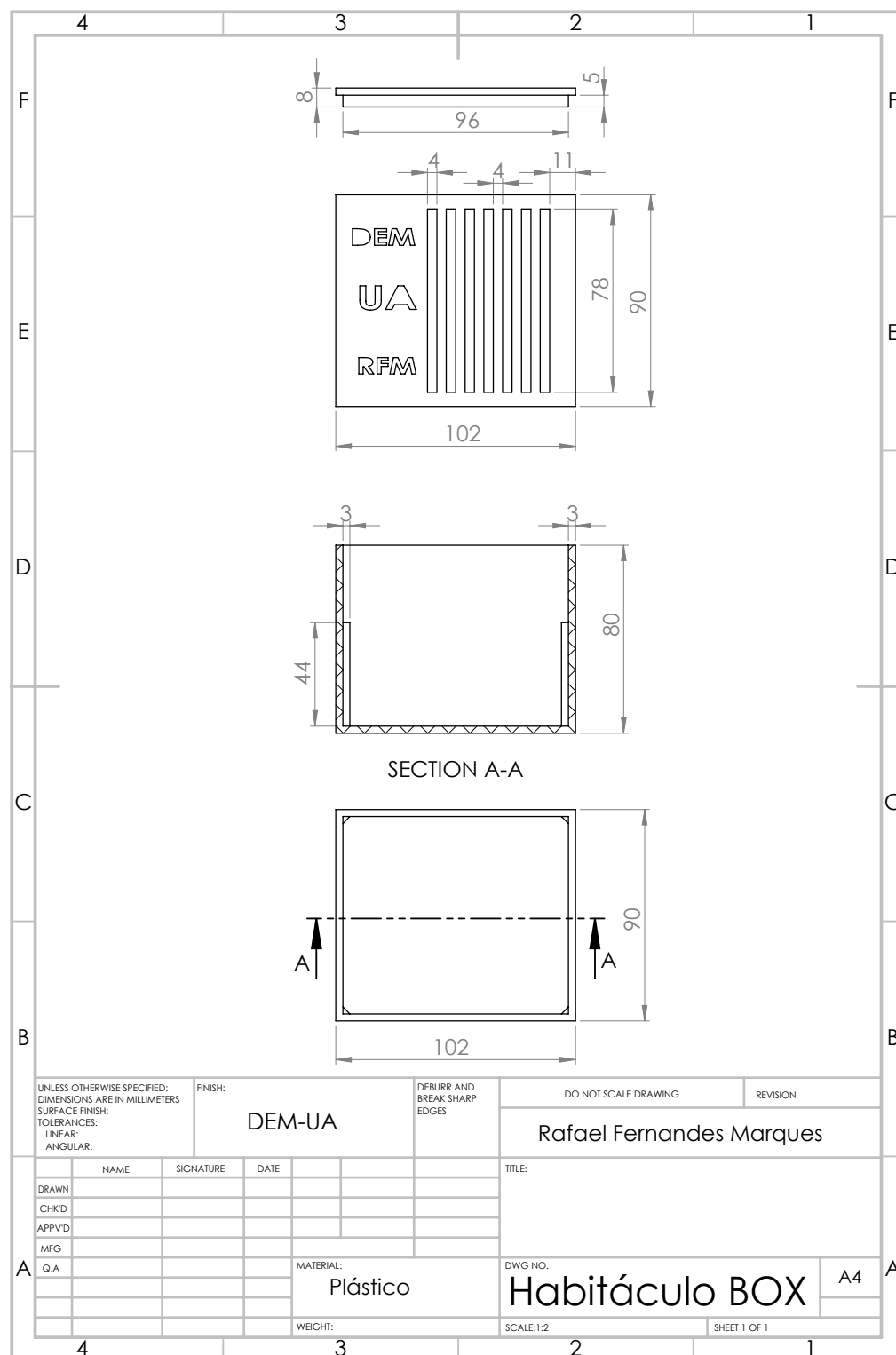


Figura G.2: Desenho de definição (2D) da tampa, em cima, e da *box*, em baixo - “Módulo habitáculo”

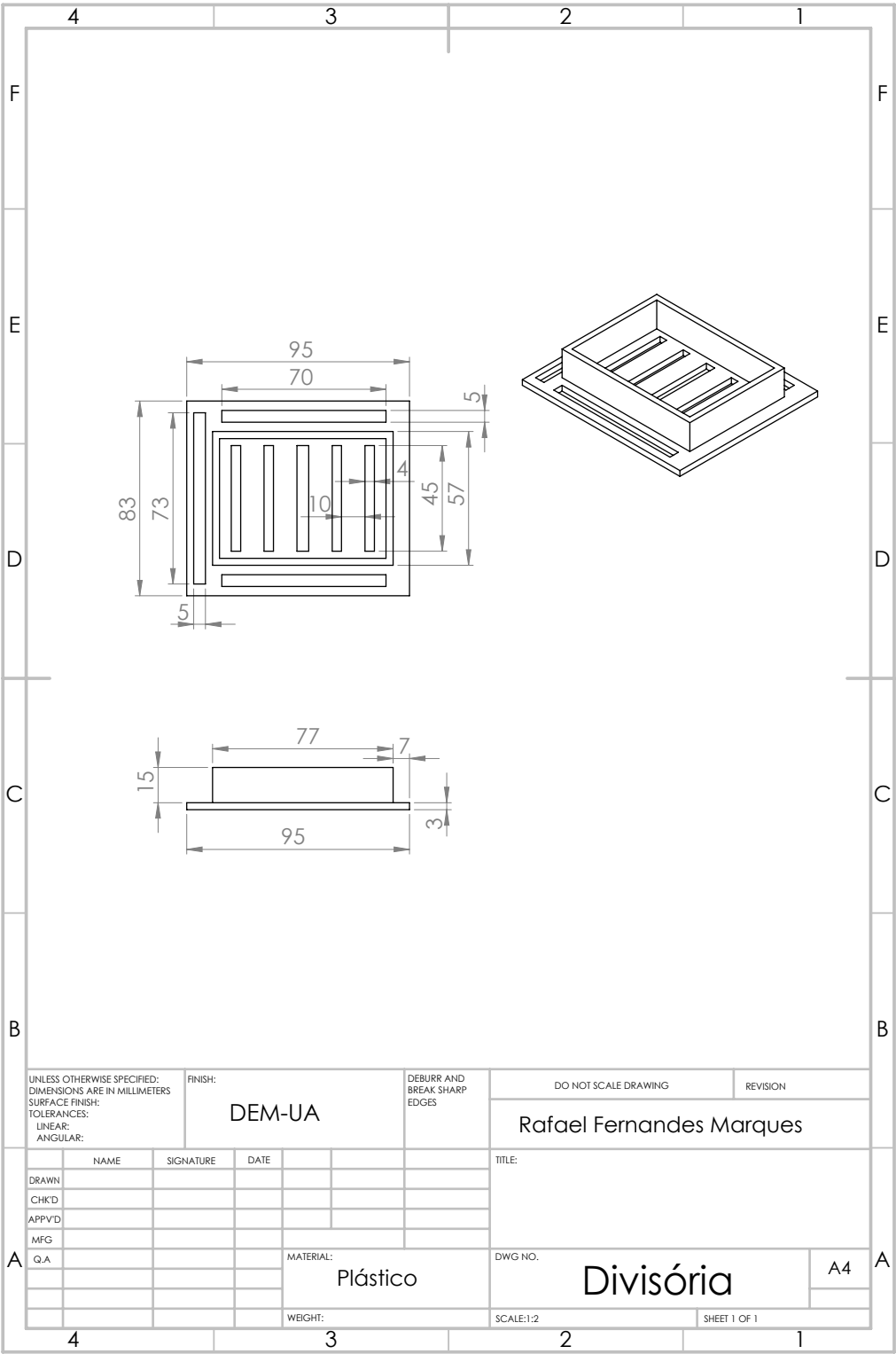


Figura G.3: Desenho de definição (2D) da divisória - “Módulo habitáculo”

Anexo H

Registo na base de dados - *script* PHP

A “Unidade veículo” promove o envio das informações recolhidas para a “Unidade central” através da comunicação de dados móveis. As informações a serem registadas são transmitidas no URL usado para fazer a ligação a uma página que contém o *script* PHP, responsável pela ligação à base de dados. O exemplo apresentado na figura 4.14 para o URL é :

```
http://rfm.noip.me/rfm/00az99.php?t=00:00:00&la=4045.24993&lad=N&lo=00838.05762  
&lod=W&h=0010.3&v=000.659&temp=015.4&door=1
```

A página *web* desenvolvida, a que o *modem* acede, apenas é constituída por um *script* PHP. Excertos do código desenvolvido são apresentados de seguida.

- Procura do último registo na tabela “00-az-99_data”, utilizando o campo *code* para identificar a data do último registo, data que é utilizada para a criação das tabelas “...localizacao” e “...estado”, onde serão registados os dados.

```
$consulta = "SELECT * FROM '00-az-99_data' ORDER BY id DESC LIMIT 1";
```

```
... $data = utf8_encode($dado["code"]);
```

```
$ localizacao_name = '00-az-99_' . $data . '_localizacao';
```

```
$ localizacao_estado = '00-az-99_' . $data . '_estado';
```

As duas últimas linhas permitem fazer a assemblagem da data do último registo de viagens à matrícula do veículo e à categoria da tabela, ficando-se com o resultado, no exemplo, de “00-az-99_2016-02-15_localizacao” e “00-az-99_2016-02-15_estado”.

- Método GET: retirar as informações contidas no URL para variáveis do *script*. As variáveis estão situadas após o “?” e separadas pelo caractere “\$”. O valor de cada variável surge após o caractere “=”.

```
$ hora = $_GET['t'];
```

```
$ latitude = $_GET['la'];
```

```
$ latorienta = $_GET['lad'];
```

```
$ longitude = $_GET['lo'];
```

```
$lonorienta = $_GET['lod'];
```

```
$altitude = $_GET['h'];
```

```
$velocidade = $_GET['v'];
```

```
$temperatura = $_GET['temp'];
```

```
$porta = $_GET['door'];
```

- Conversão das coordenadas recebidas do GPS (graus e minutos) em coordenadas decimais e identificação do sinal, positivo ou negativo. No cálculo das coordenadas apenas é necessário isolar os algarismos das dezenas e unidades, juntamente com as casas decimais, e dividir por 60, formando assim a parte decimal das coordenadas. Posteriormente basta somar a parte inteira com a decimal para a obtenção das coordenadas em formato decimal.

Para a determinação do sinal das coordenadas, positivo ou negativo, é feita uma comparação com as letras recebida do GPS: *N* ou *S* e *E* ou *W*. Caso as letras sejam *S* ou *W*, o valor da coordenada é multiplicado por -1, ficando assim negativo.

```
$latitude_int = (int) ($latitude / 100);
```

```
$latitude_frac = ($latitude - $latitude_int*100)/60;
```

```
$latitude_deg = $latitude_int + $latitude_frac;
```

```
if ($lorienta == "N") {$latitude_deg = $latitude_deg;}
```

```
else if ($lorienta == "S") {$latitude_deg = $latitude_deg*(-1);}
```

```
$longitude_int = (int) ($longitude / 100);
```

```
$longitude_frac = ($longitude - $longitude_int*100)/60;
```

```
$longitude_deg = $longitude_int + $longitude_frac;
```

```
if ($lonorienta == "E") {$longitude_deg = $longitude_deg;}
```

```
else if ($lonorienta == "W") {$longitude_deg = $longitude_deg*(-1);}
```

- Os dados, após retirados do URL e convertidos, no caso das coordenadas, são inseridos nas tabelas “00-az-99_2016-02-15_localizacao” e “00-az-99_2016-02-15_estado”. O *script* permite realizar esta operação de forma simples, sendo apenas necessário a utilização dos nomes dos campos da base de dados corretos e das respetivas variáveis.

```
$query = "INSERT INTO '$localizacao_name' (";
```

```
$query .= "t, a, b, o, p, h, v, latitude, longitude";
```

```
$query .= ") VALUES (";
```

```
$query .= "'{$ hora}', '{$ latitude}', '{$ latorienta}', '{$ longitude}',  
'{$ lonorienta}', '{$ altitude}', '{$ velocidade}',  
'{$ latitude_deg}', '{$ longitude_deg}'";
```

```
$query .= ");
```

```
$query = "INSERT INTO '$ localizacao_estado' (";
```

```
$query .= "temperature, door";
```

```
$query .= ") VALUES (";
```

```
$query .= "'{$ temperatura}', '{$ porta}'";
```

```
$query .= ");
```


Anexo I

Página *web* - Páginas criadas

Este anexo tem a finalidade de apresentação de todas as páginas criadas para o *website*, acessível em <http://rfm.noip.me>, com a exceção das apresentadas no capítulo 4.3.2, a *Homepage* apresentada na figura 4.21 e a *Ver o trajeto* na figura 4.22.

Aqui são apresentadas em imagens a página de descrição da *Tecnologia* utilizada, figuras I.2 e I.3; a página de *Tracking* através de código, na figura I.4; na figura I.5 a página de *Contactos* e na I.6 a página de *Login*. Existe, também, uma página para *Registar* um novo utilizador, apresentada na figura I.7.

Efetuada o *login*, são apresentadas as diversas páginas existentes, que são nomeadas como *Início*, apresentada na figura I.8; *Procura de produtos*, apresentado na figura I.9; *Ver os dados do trajeto*, apresentado na I.10 que permite ver os dados recolhidos ao longo do trajeto em tabelas; e *Ver os meus dados*, na figura I.11, que permite visualizar os dados introduzidos aquando o registo. A página *Ver o trajeto* já foi apresentada na figura 4.22, que conta com a característica de ao clicar num *pin* se pode observar as informações recolhidas do veículo nesse momento do trajeto.

Existe a opção de fazer *logout*, uma página para recuperação da *password* bastando a introdução do email e, no caso do administrador, uma página para o *Inserir novo registo* de uma nova viagem, apresentada na figura I.12, momento em que são criadas novas tabelas de “...localizacao” e “...estado”.

As páginas *Tracking*, *Procura de produtos*, *Ver o trajeto* e *Ver dados do trajeto* têm uma caixa, apresentada na figura I.1, onde é possível introduzir o código de pesquisa (como exemplo é utilizado o código 00AZ99Y2016M02D15, que representa a viagem do veículo com matrícula 00-AZ-99 no dia 2016-02-15). Se o código estiver correto, as diferentes informações são apresentadas, como evidenciado nas figuras seguintes.

A imagem mostra uma interface web simples para pesquisa. No topo, há o rótulo "Código:" em uma fonte pequena. Abaixo dele, há uma caixa de texto retangular vazia com uma borda fina. À direita da caixa de texto, há um botão retangular com o texto "PROCURAR" em letras maiúsculas.

Figura I.1: *Webpage* - caixa de texto utilizada para a procura, por código, das diversas informações sobre o veículo



Figura I.2: Webpage - página das tecnologias utilizadas, parte superior

Produto "composto"

O SISTEMA INTEGRADO



Este produto é composto pelo módulo base mais um novo módulo, o módulo reboque. Este novo módulo serve para adquirir dados de outro ponto do veículo, por exemplo, temperatura no reboque de um camião.

Ao módulo base tem de ser adicionado um dispositivo de comunicação sem fios por radiofrequência que permite a comunicação com o módulo reboque. Este último tem também um microcontrolador cujas funções são receber, decodificar e enviar informações recolhidas pelos sensores para o módulo base, para posteriormente este enviar as informações para a base de dados.

Este módulo é modular, isto é, existem diversos sensores que podem ser utilizados, conforme os requisitos. Temperatura, humidade, pressão ou *on/off* são informações que podem ser adquiridas. A comunicação sem fios utilizada permite a ligação de mais do que dois módulos, pelo que é possível adicionar mais módulos reboque tendo apenas um base.

Tecnologia utilizada

AS BASES DO SISTEMA



O controlo do sistema é efetuado por um microcontrolador. Um pode ser visto como um pequeno computador que tem integrado processador, memórias e dispositivos de entrada/saída. O seu tamanho reduzido aliado ao baixo consumo energético possibilita a sua integração em diversos sistemas: implantes médicos, controlos remotos ou electrodomésticos são exemplos.



Para o sistema ser capaz de localizar o veículo é necessário ter um receptor de GPS. Um pequeno módulo GPS como o ilustrado tem a capacidade de obter vários dados sobre localização: latitude, longitude, altitude e velocidade são exemplos. Este módulo pode ser ligado ao microcontrolador que precisa de ser programado para decodificar os dados recebidos.



Num sistema autónomo e em tempo real é necessário haver uma ligação entre o sistema remoto (móvel) e a base de dados(fixa). Uma vez que o sistema remoto é móvel a ligação não pode ser física. A tecnologia utilizada é a mesma que usada nos telemóveis: um módulo como o apresentado apenas necessita de um cartão de telemóvel para poder comunicar, através de SMS ou GSM, com outros dispositivos.



No sistema composto pelo módulo base e um ou mais módulos reboque é necessário estabelecer uma ligação entre eles. Para facilitar esta ligação recorre-se a uma tecnologia de transferência de dados por radiofrequência. Assim é possível simplificar a sua colocação nos veículos devido à inexistência de ligações físicas entre os módulos (por exemplo entre o tractor e o reboque num camião).

[Contactos](#)

[Siga-nos no Facebook](#)



universidade de aveiro
theoria poesis praxis

Design: Rafael Marques Entidade: Universidade de Aveiro

Figura I.3: Webpage - página das tecnologias utilizadas, parte inferior

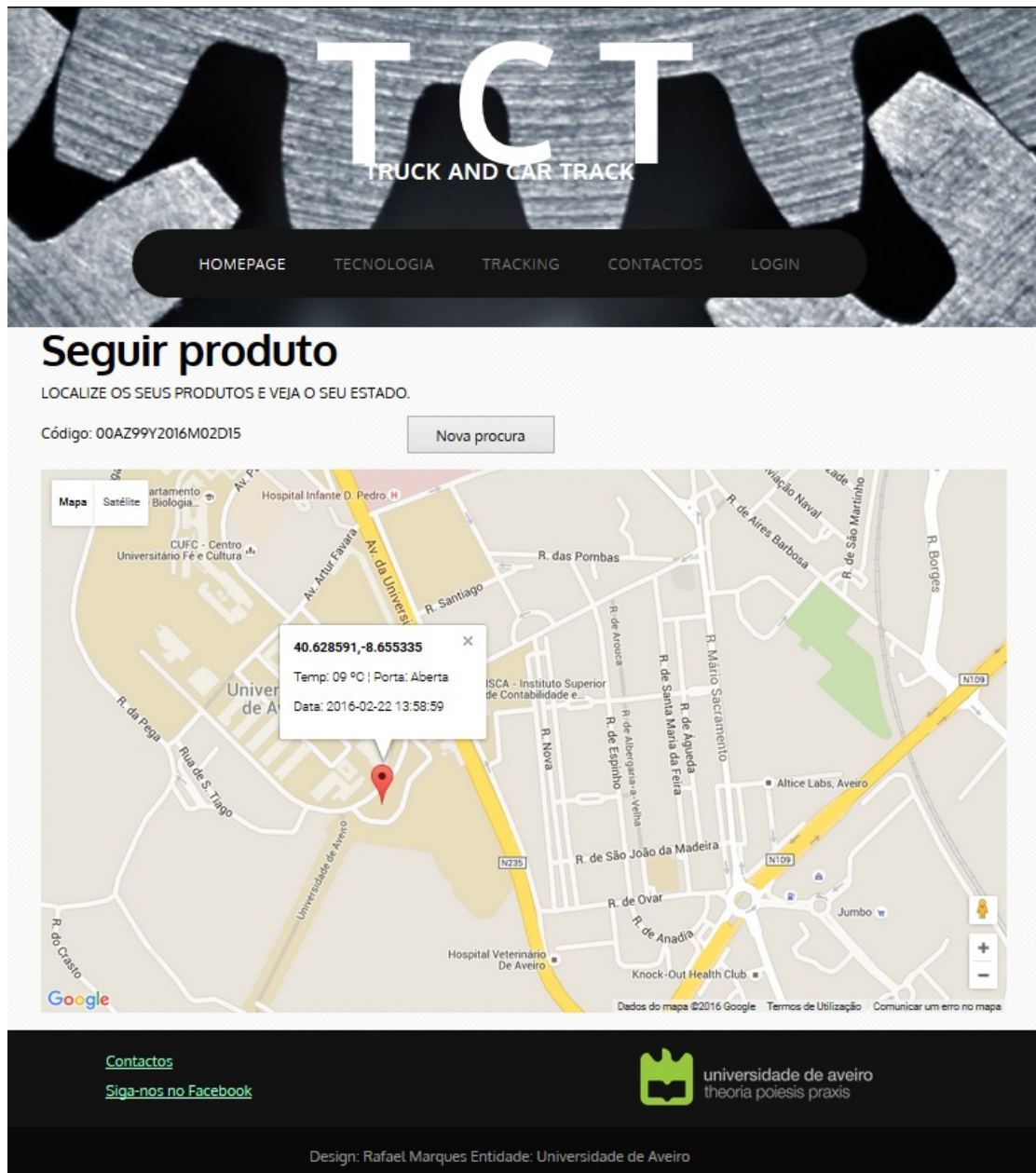


Figura I.4: Webpage - página de tracking da última posição do veículo

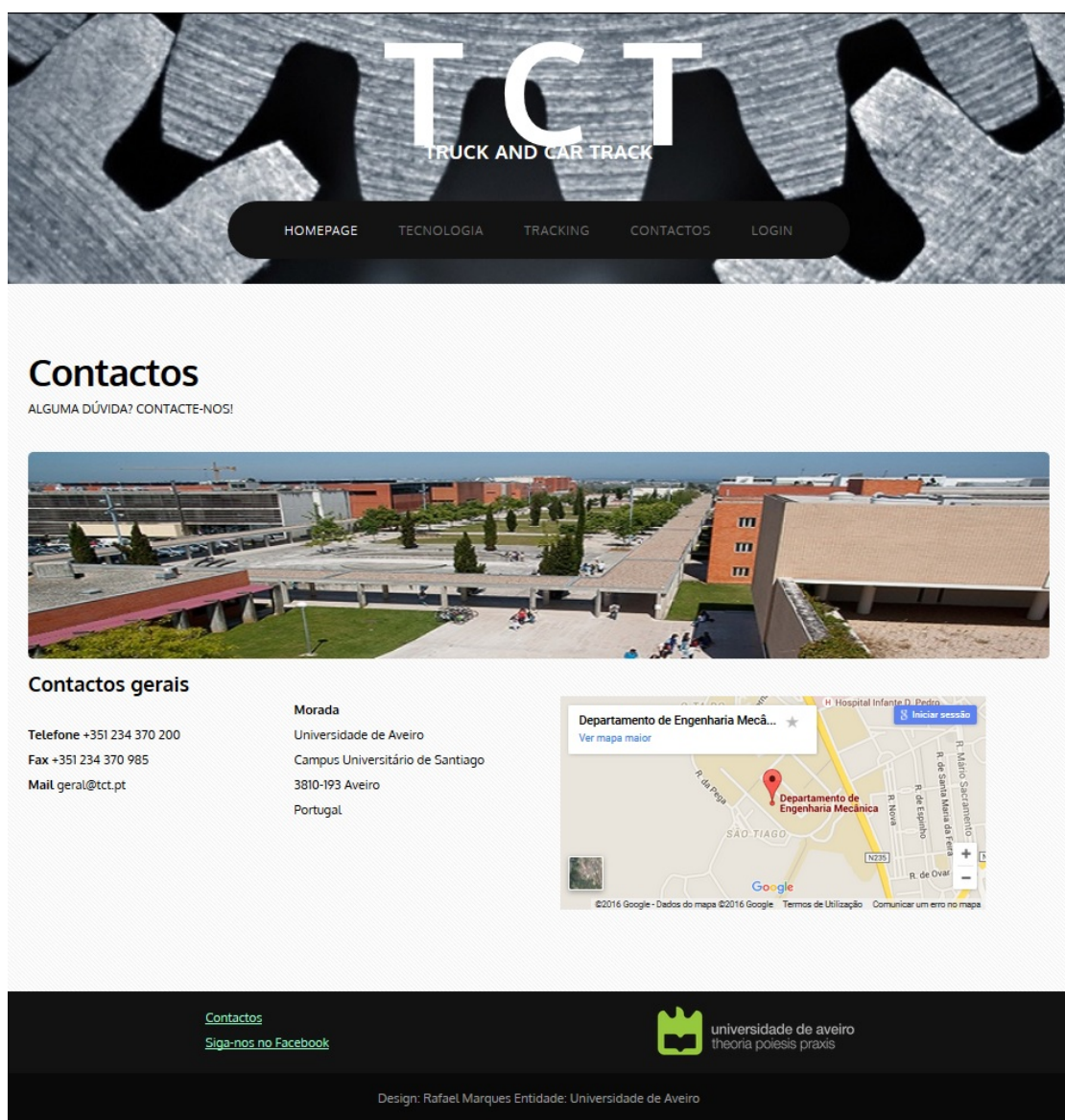
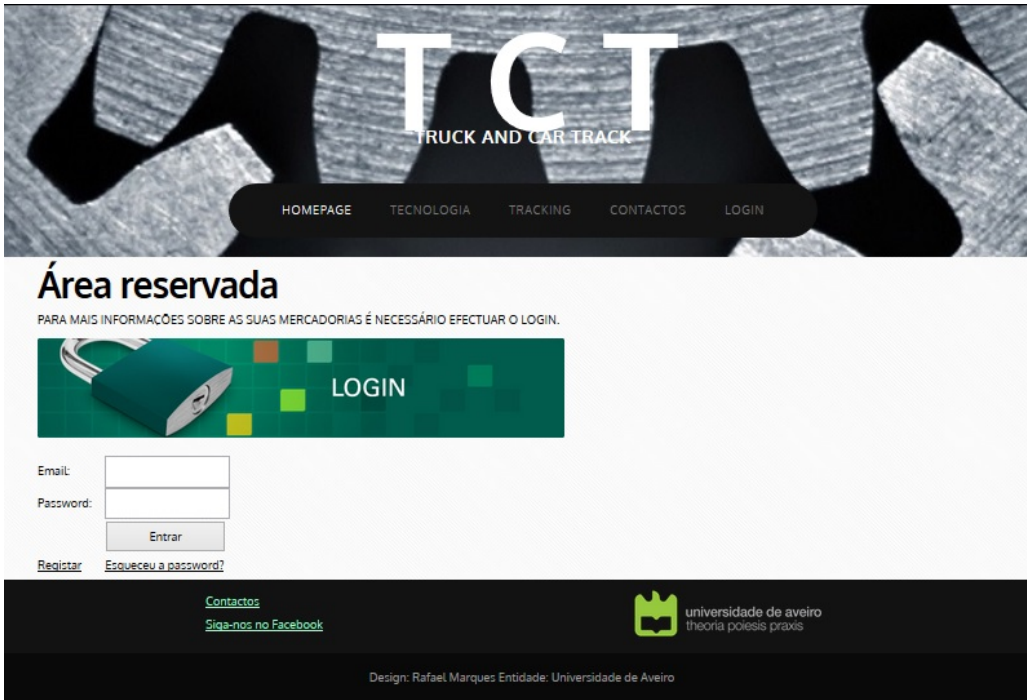


Figura I.5: Webpage - página dos contactos



The screenshot shows the login page of the TCT (Truck and Car Track) system. The header features the TCT logo and a navigation menu with links to HOME PAGE, TECNOLOGIA, TRACKING, CONTACTOS, and LOGIN. The main heading is "Área reservada" (Reserved Area), followed by the instruction: "PARA MAIS INFORMAÇÕES SOBRE AS SUAS MERCADORIAS É NECESSÁRIO EFECTUAR O LOGIN." (For more information about your goods, it is necessary to perform the login). Below this is a green banner with a padlock icon and the word "LOGIN". The login form includes fields for "Email:" and "Password:", an "Entrar" (Enter) button, and links for "Registar" (Register) and "Esqueceu a password?" (Forgot password?). The footer contains social media links for "Contactos" and "Siga-nos no Facebook", the logo of the Universidade de Aveiro, and the text "Design: Rafael Marques Entidade: Universidade de Aveiro".

Figura I.6: Webpage - página de login na área reservada



The screenshot shows the registration page of the TCT (Truck and Car Track) system. The header is identical to the login page, featuring the TCT logo and the same navigation menu. The main heading is "Área reservada" (Reserved Area), followed by the instruction: "PARA MAIS INFORMAÇÕES SOBRE AS SUAS MERCADORIAS É NECESSÁRIO EFECTUAR O REGISTO." (For more information about your goods, it is necessary to perform the registration). Below this is a registration form with fields for "Nome:" (Name), "Email:", "Password:", "Empresa:" (Company), "NIF:", "Telefone:" (Phone), and "Telemóvel:" (Mobile phone). A "Registar" (Register) button is located to the right of the form. A link "Voltar à página de login" (Return to login page) is positioned below the form. The footer is identical to the login page, containing social media links, the Universidade de Aveiro logo, and the design credit.

Figura I.7: Webpage - página de registo para ter acesso à área reservada

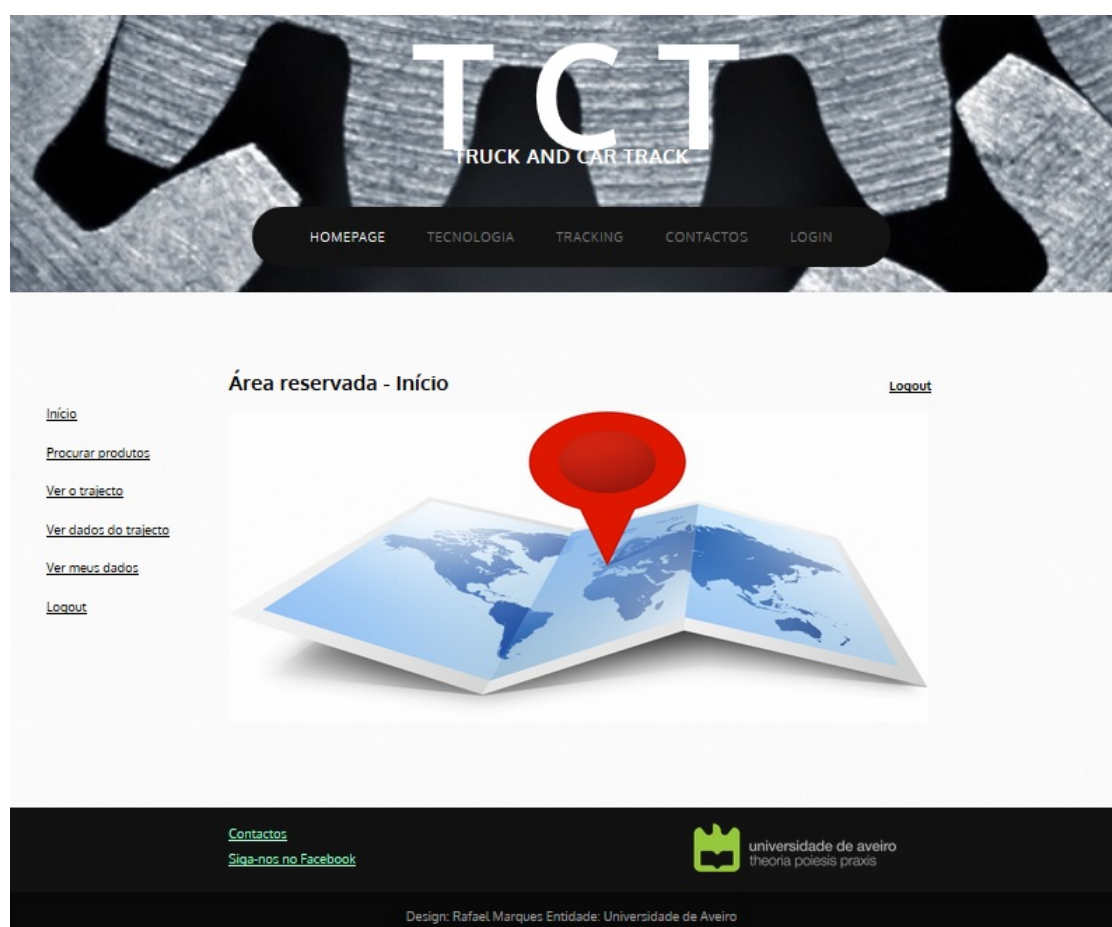


Figura I.8: Webpage - página inicial da secção reservada

Área reservada - Procura [Logout](#)

Código: 00AZ99Y2016M02D15

Origem	Destino	Mercaderia	Quantidade	Observações	Data do Registro
Murtosa	Aveiro	Água	5000L	Produto essencial	2016-01-25 15:58:24

ID	Latitude	Longitude	Velocidade [Km/h]	Temperatura [°C]	Porta	Data Registro
44	40.628591	-8.655335	20	09	Aberta	2016-02-22 13:58:59

Mapa | Satélite

Universidade de Aveiro

40.628591,-8.655335


Temp: 09 °C | Porta: Aberta

Data: 2016-02-22 13:58:59

Google

Dados do mapa ©2016 Google | Termos de Utilização | Comunicar um erro no mapa

[Contactos](#)
[Siga-nos no Facebook](#)

 universidade de aveiro
theoria poiesis praxis

Design: Rafael Marques Entidade: Universidade de Aveiro

Figura I.9: Webpage - página com localização atual do veículo e suas informações

Área reservada - Ver dados [Logout](#)

[Início](#)
[Procurar produtos](#)
[Ver o trajeto](#)
[Ver dados do trajeto](#)
[Ver meus dados](#)
[Logout](#)

Código: 00AZ99Y2016M02D15

Origem	Destino	Mercadoria	Quantidade	Observações	Data do Registro
Murtosa	Aveiro	Água	5000L	Produto essencial	2016-01-25 15:58:24

ID	Latitude	Longitude	Velocidade [Km/h]	Temperatura [°C]	Porta	Data Registro
4	40.754187	-8.634183	20	18	Fechada	2016-02-17 15:20:40
5	40.754318	-8.633650	20	18	Fechada	2016-02-17 15:21:13
6	40.758349	-8.633317	20	17	Fechada	2016-02-17 15:21:38
7	40.760440	-8.633277	20	18	Fechada	2016-02-17 15:22:01
8	40.761971	-8.632072	20	16	Fechada	2016-02-17 15:22:30
9	40.761824	-8.621315	20	15	Fechada	2016-02-17 15:22:50
10	40.760220	-8.610568	20	15	Fechada	2016-02-17 15:23:16
11	40.758719	-8.600758	20	15	Fechada	2016-02-17 15:24:22
12	40.757756	-8.593819	20	14	Fechada	2016-02-17 15:24:38
13	40.756739	-8.587178	20	14	Fechada	2016-02-17 15:26:06
14	40.755801	-8.581227	20	14	Fechada	2016-02-17 15:26:33
15	40.755924	-8.574903	20	13	Fechada	2016-02-17 15:27:05
16	40.753123	-8.572343	20	12	Fechada	2016-02-17 15:27:24
17	40.750779	-8.570954	20	12	Fechada	2016-02-17 15:27:47
18	40.746296	-8.568846	20	11	Fechada	2016-02-17 15:28:05
19	40.741939	-8.564493	20	11	Fechada	2016-02-17 15:29:14

Figura I.10: Webpage - página com os dados do trajeto efetuado pelo veículo apresentados em tabelas

The screenshot shows the TCT (Truck and Car Track) website header with the logo and navigation menu. Below the header, the page title is "Área reservada - Meus dados" with a "Logout" link. The left sidebar contains links: "Início", "Procurar produtos", "Ver o trajecto", "Ver dados do trajecto", "Ver meus dados", and "Logout". The main content area displays user details: Nome: Manuel Oliveira, Email: manuel.oliveira@gmail.com, Empresa: PinDrive, NIF: 192837465, Telefone: 234567891, and Telemóvel: 912345678. The footer includes links for "Contactos" and "Siga-nos no Facebook", the logo of Universidade de Aveiro, and the text "Design: Rafael Marques Entidade: Universidade de Aveiro".

TCT
TRUCK AND CAR TRACK

HOMEPAGE TECNOLOGIA TRACKING CONTACTOS LOGIN

Área reservada - Meus dados [Logout](#)

[Início](#)
[Procurar produtos](#)
[Ver o trajecto](#)
[Ver dados do trajecto](#)
[Ver meus dados](#)
[Logout](#)

Nome: Manuel Oliveira
Email: manuel.oliveira@gmail.com
Empresa: PinDrive
NIF: 192837465
Telefone: 234567891
Telemóvel: 912345678

[Contactos](#)
[Siga-nos no Facebook](#)

universidade de aveiro
theoria poiesis praxis

Design: Rafael Marques Entidade: Universidade de Aveiro

Figura I.11: Webpage - página com os dados utilizador, introduzidos no registo

The screenshot shows the TCT (Truck and Car Track) website header with the logo and navigation menu. Below the header, the page title is "Área reservada - Administração - Novo Registo" with a "Logout" link. The left sidebar contains links: "Início", "Procurar produtos", "Ver o trajecto", "Ver dados do trajecto", "Ver meus dados", and "Logout". The main content area displays a form for new registration with fields for Matrícula, Origem, Destino, Mercadoria, Quantidade, and Observações, and a "Registar" button. The footer includes links for "Contactos" and "Siga-nos no Facebook", the logo of Universidade de Aveiro, and the text "Design: Rafael Marques Entidade: Universidade de Aveiro".

TCT
TRUCK AND CAR TRACK

HOMEPAGE TECNOLOGIA TRACKING CONTACTOS LOGIN

Área reservada - Administração - Novo Registo [Logout](#)

[Início](#)
[Procurar produtos](#)
[Ver o trajecto](#)
[Ver dados do trajecto](#)
[Ver meus dados](#)
[Logout](#)

Matrícula:
Origem:
Destino:
Mercadoria:
Quantidade:
Observações:

[Contactos](#)
[Siga-nos no Facebook](#)

universidade de aveiro
theoria poiesis praxis

Design: Rafael Marques Entidade: Universidade de Aveiro

Figura I.12: Webpage - página reservado para a administração, permite o registo de novas viagens